

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Katedra ochrany životního prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí v průmyslu

Disertační práce

Analýza rizik přepravy nebezpečných chemických látek

Ing. Tomáš Tragan

Školitel: Prof.Ing. Miloslav Herčík, CSc.

srpen 2007

Poděkování:

Dovolte mi touto cestou poděkovat svým blízkým a rodině a především své milované ženě za podporu a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat svému školiteli Prof.Ing. Miloslavu Herčíkovi CSc., za cenné rady a podněty. Rád bych touto cestou poděkoval také Prof. RNDr. Pavlu Danihelkovi, CSc. za cennou oponenturu. Můj dík bych také rád vyslovil kolektivu pracovníků Ministerstva dopravy za připomínky a podněty tématu a využitelnosti výsledků této disertační práce.

Především bych ale chtěl touto cestu poděkovat svému kamarádovi a člověku, který má lví podíl na skutečnosti, že jsem našel sílu tuto práci dokončit. Tím člověkem je Ing. Jiří Horák PhD., který se svou nezdolnou rýpavostí zasloužil o to, že jsem dokončil toto doktorské studium.

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně a veškeré použité materiály uvádím v seznamu literatury.

Ostrava 15. 8. 2007

Ing. Tomáš Tragan

1	Anotace	9
2	Úvod	10
2.1	Podrobný popis vybraných havárií při přepravě NCHLAP	12
2.1.1	Havárie kamionu s kyanidy	12
2.1.2	Havárie cisterny s LPG [13]	12
2.1.3	Havárie na produktovou s únikem benzínu [2].....	13
2.1.4	Havárie kamionu s kyselinou fosforečnou na dálnici D1 [30]	15
2.1.5	Havárie kamionu s technickým benzinem na dálnici D1[30].....	16
2.1.6	Havárie cisterny s únikem akrylátů	17
2.2	Statistiky pro ČR	18
2.3	Rozbor havárií při přepravě NCHLAP	19
3	Přehled o současném stavu problematiky	21
3.1	Obecné přístupy k analýze rizik	22
3.2	Dosavadní metody analýzy rizik užívané k hodnocení rizik stacionárních zařízení a jejich popis	26
3.2.1	Metoda IAEA TecDoc 727 [8]	27
3.2.2	Dow's Fire and Explosion Index [9]	29
3.2.3	Dow Chemical Exposure Index [1].....	29
3.2.4	US EPA RMP Guide [11]	30
3.2.5	Metody ETA a FTA [7]	30
3.2.6	Rapid Ranking- Rychlé hodnocení	31

3.2.7	Revize bezpečnosti.....	32
3.2.8	Kontrolní seznam.....	32
3.2.9	Předběžná analýza ohrožení	32
3.2.10	Analýza „Co se stane když...“	33
3.2.11	Hazop – Hazard and Operability Study (Studie nebezpečí a provozovatelnosti)	
[12].	33	
3.3	Diskuse nad využitelností metodik analýzy rizik pro hodnocení rizik přepravy NCHLAP	35
4	Cíl a přístup k řešení problematiky disertace.....	37
5	Řešení	38
5.1	Popis vybraných NCHLAP, jejich vlastností a způsobů přepravy	39
5.2	Testování využitelnosti vybraných metod analýzy rizik hodnocením jednotlivých etap životního cyklu NCHLAP.....	45
5.2.1	Předpokládané scénáře pro hodnocení vybranými metodikami	45
5.2.2	Hodnocení vybraných scénářů metodou IAEA TecDoc 727.....	48
5.2.3	Hodnocení vybraných scénářů metodami DOW Index.....	56
5.2.4	Hodnocení vybraných scénářů metodou US EPA RMP Guide	62
5.3	Diskuse nad výsledky použití vybraných metod analýzy rizik pro typové NCHLAP.....	68
5.4	Vyhodnocení využitelnosti vybraných metod analýzy rizik	69
5.4.1	IAEA TecDoc 727	70
5.4.2	DOW Indexy	71
5.4.3	US EPA RMP.....	72

5.4.4	Shrnutí vyhodnocení	73
5.5	Stanovení postupu a podmínek využitelnosti vybrané metodiky	73
5.5.1	Definice nejhoršího možného scénáře	73
5.5.2	Postup stanovení dosahu nežádoucích účinku	75
6	Řízení rizik přepravy NCHLAP	84
6.1	Identifikace zainteresovaných stran a určení jejich role v procesu prevence vzniku havárií a havarijní připravenosti.....	88
6.2	Stanovení strategických cílů	90
6.3	Identifikace a analýza rizik přepravy NCHLAP	90
6.4	Revize stávajících preventivních opatření a havarijních plánů	96
6.4.1	Preventivní opatření.....	96
6.4.2	Havarijní plány	97
6.4.3	Připravenost sil a prostředků zásahu.....	101
6.4.4	Teoretické nácviky zvládání havarijních situací.....	102
6.4.5	Praktické nácviky zvládání havarijních situací.....	103
6.4.6	Zapojení veřejnosti do procesu havarijní připravenosti	105
7	Diskuse a závěr	107
8	Použitá literatura a jiné prameny.....	110
9	Přílohy.....	113
10	Curriculum vitae autora	113

Pojmy a zkratky

AC	Automobilová cisterna
ČR	Česká republika
EPA	Environmental Protection Agency
ERPG	Emergency Response Planning Guideline
ETA	Event Tree Analysis
EU	Evropská unie
F _R	Index nebezpečí hořlavosti látky
FTA	Fault Tree Analysis (metoda stromů poruch)
GIS	Geografické informační systémy
H&V	Hazard a Vulnerability (nebezpečnost a zranitelnost)
IAEA	International Atomic Energy Agency
KI	Kritická infrastruktura
LC ₅₀	Lethal Concentration - Střední letální koncentrace látky, která způsobí smrt u 50 % testované populace.
LPG	Liquified Petroleum Gas, směs propanu a butanu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NCHLAP	Nebezpečná chemická látka a přípravek
NV	Nařízení vlády
PEC	Predicted Effect Concentration
PO	Požární ochrana

VÚBP	Výzkumný ústav bezpečnosti práce
ŽC	Železniční cisterna
ŽP	Životní prostředí

1 Anotace

Disertační práce se zabývá rozбором problematiky rizik přepravy NCHLAP a jejich hodnocení. Z rozboru vyplývá jednoznačná nutnost mít k dispozici nástroj pro hodnocení rizik spojených s přepravou NCHLAP jako podporu při rozhodovacím procesu státních orgánů a zasahujících složek záchranných sborů. Práce srovnává využitelnost stávajících metod analýzy rizik pro stacionární zařízení a vyslovuje předpoklady jejich aplikovatelnosti pro podmínky přepravy NCHLAP.

This report makes an analysis of chemical substances transport risks field. Considering the text you can see the necessity of having a tool to assess the risks resulting from chemical substances transport as a decision support for government offices and fire brigades. In the report, you can see a comparison of present methods used for fixed facilities and establish the conditions of their usage for transport risk assessment.

2 Úvod

Každý den jsou po celém světě nakládány, vykládány a transportovány nebezpečné chemické látky a přípravky (NCHLAP). Jedná se o látky z nespočetného množství průmyslových skladů, ale i látky které využíváme doma k topení, v dílně, na zahrádce nebo k pohonu automobilů. Každá z těchto látek je denně dopravována po silnicích, železnicích, říční dopravou nebo dopravou potrubní. Každá z těchto látek je potenciálně nebezpečná pro lidské zdraví, životní prostředí nebo majetek.

V rámci svého životního cyklu může být daná látka přepravována i několikrát, přičemž každý z článků řetězu životního cyklu přináší svá specifická rizika. Trasy přepravy přitom často vedou v blízkosti lidských obydlí s vysokou hustotou osídlení a vlastně vždy vedou trasy přepravy v blízkosti zranitelných složek životního prostředí, například polí, lesů, vodních toků a ploch, podzemních zdrojů pitné vody nebo chráněných území.

I přesto, že je přeprava NCHLAP regulována mezinárodními dohodami ADR [17] pro silniční dopravu a RID [18] pro dopravu železniční, mnohé z havárií, které se staly ve světě i u nás dokazují, že je nutno zmapovat tuto problematiku provedením analýzy rizik a tudíž mít k dispozici metodiku vhodnou k tomuto kroku.

V kontrastu se společenskou potřebou, realizace analýz rizik není na dostatečné úrovni. Analýza rizik potrubní přepravy NCHLAP není v současné době v ČR legislativně ošetřena vůbec tak jako například závažné havárie u stacionárních zařízení jsou celoevropsky ošetřeny direktivou Seveso [6] a předpis popisující pravidla pro zacházení s NCHLAP, kterým je zákon o chemických látkách a přípravcích [15] se netýká jejich přepravy.

V minulosti došlo v zahraničí i v České republice k řadě havárií při přepravě NCHLAP. Jejich následky zasáhly zdraví životy osob, životní prostředí a majetky.

Jak je patrné z následujících příkladů, havárie při přepravě NCHLAP patří mezi ty nejtragičtější průmyslové havárie.

Přehled nejhorších zaznamenaných havárií při přepravě NCHLAP [28]

tabulka 1: Přehled významných havárií při přepravě NCHLAP

Rok	Místo	Popis	Následky
1978	Los Alfaques, Španělsko	Cisterna přepravující propan havarovala v kempu na pobřeží a explodovala.	216 lidí zemřelo a dalších 200 bylo zraněno
1989	Aljaška, USA	Okolo 40 milionů litrů ropy uniklo do oceánu z havarovaného tankeru Exxon Valdez	Environmentální katastrofa na pobřeží Aljašky. Vyčištění stálo 2 miliardy USD
1990	Bangkok, Thajsko	Cisterna převážející LPG havarovala v Bangkoku a došlo k explozi.	63 lidí bylo zabito a dalších 90 zraněno
1996	Alberton, USA	Došlo k vykolejení vlaku převážejícího chlor. Uniklo okolo 60 t chloru do ovzduší a 64 000 l hydroxidu sodného uniklo do půdy.	Jedna osoba zemřela na akutní otravu chlorem. 300 obyvatel, kteří se nadýchali chloru bylo hospitalizováno. 1000 obyvatel bylo evakuováno a okolo 1000 m ³ zeminy bylo kontaminováno.
1998	Kyrgyzstán	Kamion převážející kyanid do zlatého dolu sjel z mostu.	Okolo 1800 kg kyanidu sodného uniklo do řeky po jejímž toku se nacházelo několik vesnic. Během několika dní tisíce lidí vyhledalo lékařskou pomoc.
1998	Nigeria	Požár a exploze unikajícího benzinu z potrubí.	500 lidí bylo zabito, 32 kmenů bylo zasaženo zničením farem a budov.
1999	Francie	8,000 t nafty uniklo z tankeru Erika	100 kilometrů pobřeží bylo znečištěno. Mnoho mořských ptáků bylo zasaženo naftou. Tato havárie měla nejen ekologický rozměr, ale poškodila y rybářský průmysl, zemědělství a turismus.
2004	Severní Korea	Exploze po srážce dvou vlaků naložených benzinem v železniční stanici	54 osob bylo zabito a více než 1200 osob zraněno. 1850 domů bylo zbořeno a 6350 poškozeno .

2007	Ukrajina	Požár vlaku přepravujícího bílý fosfor	Na ploše cca 2 km ² bylo měřením zjištěno dvou až třínásobné překročení limitů koncentrace fosforu v ovzduší, ve vodě a v půdě [32]. Evakuace stovek osob.
------	----------	--	---

2.1 Podrobný popis vybraných havárií při přepravě NCHLAP

2.1.1 Havárie kamionu s kyanidy

V roce 1992 došlo v Bulharsku k havárii kamionu s kyanidy [5]. Došlo ke srážce s osobním vozem při které se kamion s řeckými registračními značkami převrátil a došlo k masivnímu úniku převáženého nákladu. Řidič osobního vozu byl zabit, jeho spolujezdec a řidič kamionu byli vážně zraněni. Teprve ve 13:00 dalšího dne bylo zjištěno, že kamion převážel vysoce toxický granulát kyanidu. Na místě byly zajištěny 50 kg barely s obsahem kyanidu sodného a kyanidu draselného. Dopravní policie nebyla vůbec připravena na takovouto alternativu. Byla stanovena pracovní skupina s cílem řešit nastalou situaci. Kvůli riziku příchodu deště a možné kontaminace pitné vody vyvstala potřeba okamžité akce. Přepravní společnost byla požádána a součinnost a tak dodala dvoustránkový návod jak zacházet s uniklou chemikálií. Dalším šetřením bylo zjištěno, že v dodaném popisu, který byl v německém jazyce, nebyla žádná zmínka o možných rizicích plynoucích z nebezpečných vlastností převážených chemikálií. Řidič kamionu neměl k dispozici dýchací přístroj ani prostředky první pomoci. Kamion nebyl vybaven řádným označením a neměl řádný doprovod. Viditelné části uniklé chemikálie byly sesbírány a dalších 15 000m³ zeminy bylo odtěženo k detoxikaci.

2.1.2 Havárie cisterny s LPG [13]

Jedenáctého dubna 1995 ve 21.05 narazila cisterna převážející 23 500 litrů LPG do předzahrádky obytného domu v Edgewothstownu, vesnice o šesti stech obyvatelích blízko Longfordu [13]. LPG unikl z cisterny ve formě par. Ve 21:07 byl obdrženo hlášení o nehodě a v 21:10 vyrazila požární jednotka o síle sedmi mužů k zásahu. Ve 21:18 byl aktivován plán

pro závažné havárie. Ve 21:22 byl nalezen řidič cisterny pod sesutou zdí a byl odvezen sanitou. Ve 21:30 se zasahující jednotka snažila kontaktovat společnost Flogas, majitele cisterny. Velitel hasičské záchranné služby přijel na místo havárie ve 21:38 a nařídil evakuaci do vzdálenosti 100m. Ve 22:32 došlo k iniciaci uniklých par a sousední domy byly zapáleny. Byla vyhlášena evakuace do vzdálenosti 500m a byla povolána medicínská služba. Ve 23:45 byla navázána spolupráce mezi hasiči a společností Flogas. Během události shořelo 13 domů. Celá událost trvala 24 hodin. Příčinou úniku plynu po havárii byl nefunkční přetlakový ventil.

2.1.3 Havárie na produktovou s únikem benzínu [2]

Dvanáctého června 2001 zaznamenala společnost Čepro, a.s [2] únik produktu na svém potrubí u obce Polepy ve středních Čechách. Přesné místo úniku bylo nalezeno pomocí průzkumu helikoptérou, jelikož se v místě úniku vytvořil několikametrový gejzír benzínu Natural 95. Došlo k úniku cca 86 000 l produktu do okolního prostředí. Došlo k rozsáhlé kontaminaci půdy a tato kontaminace se po prasklinách v podložních vrstvách šířila k blízké vesnici kde byla ve sklepích nalezena výbušná koncentrace benzinových par a byly silně kontaminovány studny místních obyvatel. Na místě zasahovala společnost Dekonta, a.s. Veškerou kontaminovanou zeminu bylo nutno odtěžit a dále pak na místě aplikovat technologii ventingu s dopalovací katalytickou komorou. Náklady na dekontaminaci se vyšplhaly do výše 35 milionů Kč.

obrázek 1: Gejzír vytvořený unikajícím benzinem



obrázek 2: Jáma vytvořená vytěžením kontaminované zeminy



2.1.4 Havárie kamionu s kyselinou fosforečnou na dálnici D1 [30]

VŠECHLAPY - Havárie kamionu převážející barely s kyselinou fosforečnou zcela zatarasila 25.7. 2003 po poledni dálnici D1 ve směru na Brno u Všechlap na Benešovsku. Nákladní vůz narazil do vozidla údržby dálnice a převrhl se.

Převážené přepravky se vysypaly na vozovku. Náraz poškodil i jeden barelů s objemem 1400 litrů a hrozilo, že část kyseliny vyteče a dostane se do nedaleké řeky Blanice.

Dle mluvčího středočeských hasičů uniklo cca 500 l kyseliny. Hasičům se podařilo přehradit chemikálii cestu, aby nezasáhla vody Blanice.

Řidiče kamionu hospitalizovali benešovské nemocnici, ale jeho stav odmítl její personál upřesnit. Také řidič vozidla údržby silnic se nadýchal výparů z chemikálie. Musel být proto ošetřen, ale hospitalizován nebyl.

Nehoda způsobila dopravní kolaps. Dálniční provoz na Brno byl nadlouho uzavřen. Policisté museli odklánět automobily z dálnice přes Divišov, kde silná doprava doslova paralyzovala život.

2.1.5 Havárie kamionu s technickým benzinem na dálnici D1[30]

Tragická havárie ochromila na 1. září 2004 krátce před 18. hodinou provoz na 121. kilometru dálnice D1 poblíž obce Kozlov u Jihlavy. Cisterna s technickým benzinem havarovala, převrátila se na bok, začala hořet a poté vybuchla. Podle svědků havárie cisterna nejprve z dosud nejasných příčin narazila do kamionu, který jel před ním a v protisměru se poté převrátila. Proč však ke střetu došlo, není zřejmé. Jednou z verzí je, že cisterně praskla za jízdy pneumatika. Převážený produkt dotekl strouhou u dálnice až do kilometr vzdálené kanalizace vedoucí do obce Kozlov. Vzniklo několik ohnisek požáru, páry kapaliny na několika místech v kanalizaci a v polích explodovaly.

Právě kvůli výbuchu směsi benzínových par se vzduchem byla v obou směrech na mnoho hodin uzavřena dálnice. Zasahovalo osm hasičských sborů. Hasičům se podařilo požár uhasit až po třech hodinách. Museli také evakuovat obyvatele čtyř domů v Kozlově pro případ, že by látka natekla přímo do vesnice. Asi po hodině se lidé vrátili domů.

Hasičům jejich zákrok ztěžoval fakt, že nevěděli vůbec nic o hořící kapalině, jelikož byly požárem zničeny imatrikulační značky o nákladu, kterými je každá cisterna označena. Teprve kolem půl osmé se podařilo zjistit, že devatenáctiletý řidič ze Svitavska v kabině uhořel. Jeho tělo však ještě dlouho po události nemohli záchranáři vyprostit z trosek kabiny tahače, protože i už uhašená cisterna byla tak žhavá, že se do vyhořelé kabiny nemohl nikdo dostat.

obrázek 3: Fotografie z místa nehody u obce Kozlov

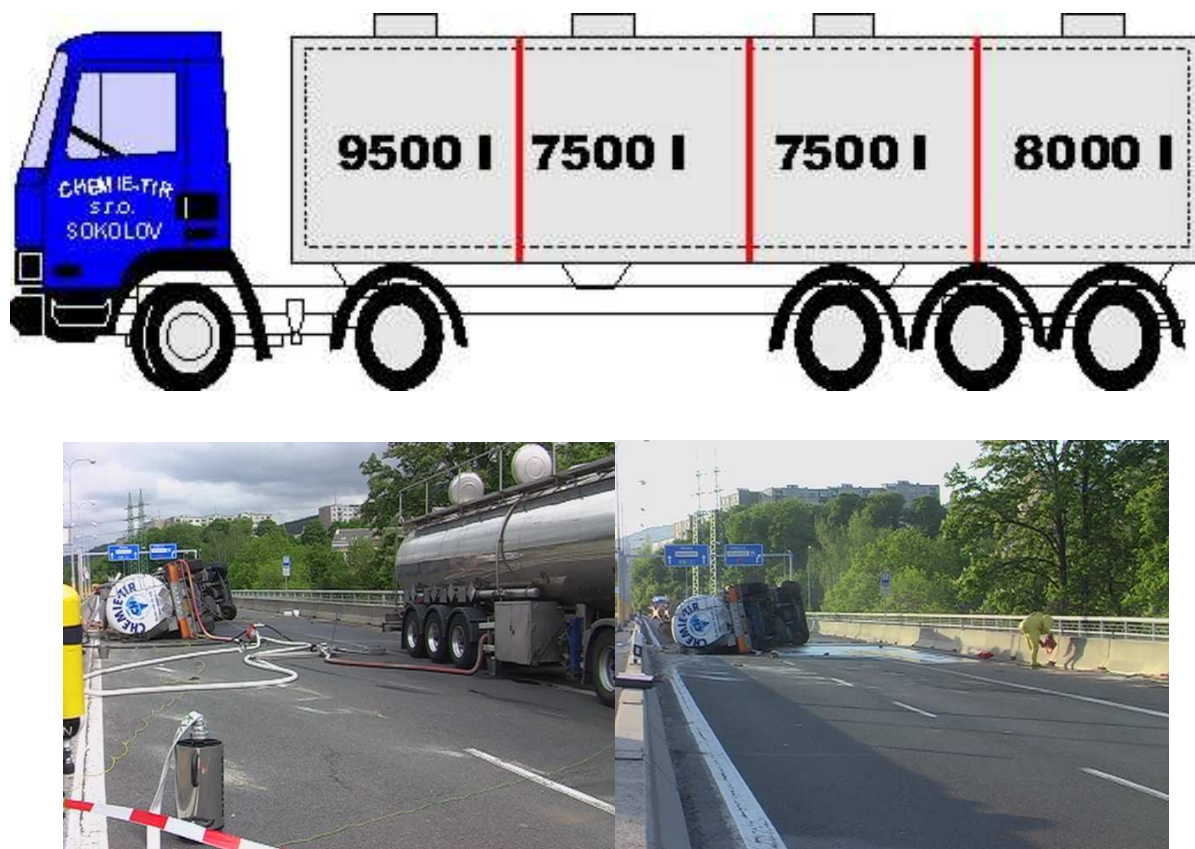


2.1.6 Havárie cisterny s únikem akrylátů

Dne 25. května 2006 v 5 hodin 26 minut byla nahlášena dopravní nehoda nákladního vozidla. Hlášení bylo uskutečněno na telefonní centrum tísňového volání 112, které je součástí krajského operačního a informačního střediska HZS Karlovarského kraje (dále jen "HZS kraje"). Cisterna (jak se později ukázalo) byla převrácena na levý bok. Místem nehody byl přivaděč (připojovací pruh) na silnici I/6 ve směru na Prahu. Po převrácení soupravy v relativně vysoké rychlosti došlo k nárazu cisternovými dýmy do betonového středového ochranného svodila. Tím došlo k porušení těsnosti uzavíracích poklopů i technoloických armatur (odplynovací potrubí a pojišťovací ventily). Těmito netěsnostmi docházelo k úniku přepravovaných kapalin (methyl-methakrylát stabilizovaný, monomerní a n-buthylmethakrylát, stabilizovaný). Společně s provozovatelem vozidla bylo odhadnuto, že došlo k úniku cca 2 000 litrů. V kabině vozidla byl zaklíněn řidič. K úniku docházelo na mostě přes řeku Ohři. Látka se do vodního toku nedostala. Jako preventivní opatření byl manipulací vodní nádrže "Březová" zvýšen průtok z 20 na 35 m³.s⁻¹. Havarovaná souprava se skládala z tahače a návěsu s tepelně izolovanou čtyřkomorovou cisternou z nerezové oceli (Z6CNDT 17-12) o síle stěny 8 mm. Celkový objem cisterny byl 33 500 litrů. Náklad tvořil 27 000 litrů (plněno pouze na 80 % obsahu). Provozovatel nebyl schopen určit rozložení látek v jednotlivých komorách, což ovšem na průběh zásahu nemělo vliv. Na záchranných a

likvidačních pracích se postupně podílelo na 20 subjektů. Příčinou dopravní nehody byla rychlá jízda soupravy.

obrázek 4: Ilustrační foto z havárie



2.2 Statistiky pro ČR

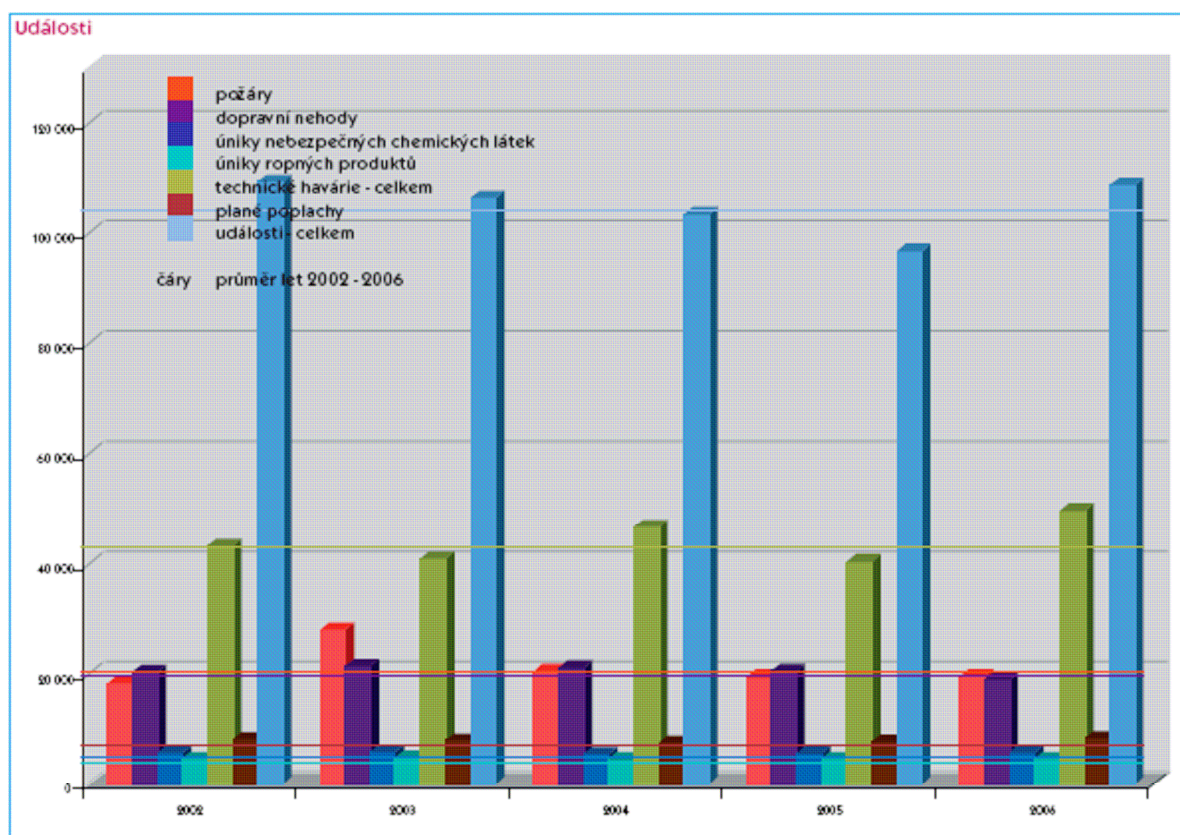
V České republice jsou ekologické havárie v dopravě evidovány v Dopravním informačním systému DOK [27]. V tomto systému je evidováno celkem 27 310 havárií při přepravě NCHLAP, z toho je 22 256 havárií při silniční dopravě a 3 968 havárií v dopravě železniční.

Dle statistiky Hasičského záchranného sboru České republiky bylo v roce 2006 [4] provedeno celkem 5 809 zásahu při únicích nebezpečných chemických látek a přípravků, přičemž většina těchto úniků proběhla během dopravních nehod. V tomto čísle nejsou zahrnuty prosté úniky provozních kapalin vozidel při nehodách. Tyto jsou evidovány jako dopravní nehody.

obrázek 5: Počet událostí s výjezdem HZS ČR

Druh události	Počet událostí					Index %
	2002	2003	2004	2005	2006	
požáry	18 295	28 156	20 550	19 484	19 665	101
dopravní nehody	20 450	21 503	21 188	20 681	18 976	92
živelní pohromy	13 329	1 796	1 605	2 729	5 414	198
úniky nebezp. chem. látek celkem	5 693	5 883	5 550	5 630	5 809	103
z toho ropné produkty	4 653	4 904	4 572	4 616	4 644	101
technické havárie celkem	43 190	40 994	46 814	40 413	49 785	123
z toho technické havárie	19	25	26	37	844	2 281
technické pomoci	35 496	35 285	40 858	34 799	45 657	131
technologické pomoci	1 253	1 713	1 459	1 150	957	83
ostatní pomoci	6 425	3 971	4 474	4 427	2 327	53
radiační nehody a havárie	0	0	3	2	4	200
ostatní mimořádné události	240	154	100	48	735	1 531
plané poplachy	8 162	8 023	7 626	7 846	8 409	107
Celkem	109 359	106 509	103 436	96 833	108 797	112

obrázek 6: Graf k obrázku 4



2.3 Rozbor havárií při přepravě NCHLAP

Z výše uvedeného přehledu havárií a uvedených statistik je zřejmé, že velmi častým cílovým systémem zasaženým následky případné havárie je právě některá ze složek životního

prostředí. Přepravení trasy probíhají velmi často kolem citlivých složek životního prostředí jako jsou vodoteče nebo lesní porosty apod. Obecně je hydrosféra z pohledu rizik přepravy NCHLAP jeden z nejcitlivějších prvků životního prostředí, který může být případnou havárií zasažen. Vodní prostředí je v tomto případě nejen cílovým, zasaženým systémem, ale slouží zároveň jako prvek přenosu nebezpečí a například následné kontaminace horninového prostředí.

Přepravení trasy představují liniové zdroje rizik, probíhající různorodým okolím a právě pouze provedenými odhady dosahu negativních dopadů havárií v souvislosti se znalostí citlivosti prostředí lze určit míru rizika, kterou přepravní trasa pro své okolí představuje a na základě těchto informací lze pak přijímat opatření aby toto riziko bylo řízeno.

Přepravení trasy jako liniové zdroje rizik se vyznačují především rozmanitými a proměnlivými okolními podmínkami.

Změny okolních podmínek spočívají především ve:

- Měnícím se portfoliem cílových systémů, které mohou být zasaženy
- Velkou rozmanitostí a nepředvídatelností přepravovaných NCHLAP
- Měnícím se povětrnostních podmínkách, které ovlivňují jak pravděpodobnost vzniku havárie, tak také schopnost šíření uniklé NCHLAP.
- Měnícím se geomorfologických podmínkách ovlivňujících případné šíření následků havárie
- Měnícím se podmínkách připravenosti sil a prostředků zásahu

Výše uvedená rozmanitost podmínek vzniku samotné havárie, možností šíření jejich následků a možných zasažených cílových systémů klade poměrně značné nároky na univerzálnost vybrané metodiky analýzy rizik přepravy NCHLAP a také na určení podmínek použití této metodiky.

3 Přehled o současném stavu problematiky

V dnešní době existuje několik desítek metod analýzy rizik [12] vzniku havárií NCHLAP. Žádná z těchto metod však není specificky určena pro analýzu riziko přepravy NCHLAP.

I když existují metodiky, které jsou použitelné pro provedení analýzy rizik typových přepravních jednotek, byly tyto metodiky systematicky využity k analýze rizik přepravy NCHLAP doposud spíše ojediněle. Jedním z příkladů praktického využití těchto metod k analýze rizik přepravy NCHLAP byl projekt „Prioritizace průmyslových rizik v okrese Frýdek-Místek pro Okresní úřad FM“, jehož jsem se účastnil jako spoluautor.

Metody, které by mohly být využitelné k provedení analýzy rizik přepravy NCHLAP jsou především (IAEA TEC-DOC 727 [8], Dow F&EI [9], RMP EPA Guide [11], ETA [10], FTA [10] atd.).

Těmito metodami lze efektivně stanovit dosahy účinků nebezpečných látek a odhadnout pravděpodobnost vzniku havárie, avšak pouze u stacionárních zdrojů.

Při aplikaci metod analýzy rizik určených apriori pro stacionární zařízení je nutno vzít v potaz skutečnost, že doprava a přeprava NCHLAP má některá níže uvedená specifika, která je nutno zohlednit. Z tohoto důvodu je nutno vždy pečlivě zhodnotit vhodnost využití té které metodiky pro analýzu rizik přepravy NCHLAP.

Oproti stacionárním zařízením ke skladování nebo zpracování nebezpečných chemických látek má jejich přeprava několik následujících výrazných specifik:

- Cesty po nichž přeprava probíhá zasahují geograficky poměrně rozsáhlé území, kde k havárii s únikem NCHLAP může dojít kdekoliv na trase. Cílové skupiny nebo složky životního prostředí zasažené následky dané havárie mohou být velmi rozmanité a po trase se mění. Navíc zde mnohdy může dojít ke komplikacím ztěžujícím zásah, kdy například určité úseky okolí přepravních tras mohou být pro

zásahové jednotky obtížně přístupné po celý rok nebo při nepříznivých klimatických podmínkách.

- Z historických nebo praktických důvodů vede řada přepravních tras v blízkosti hustě osídlených oblastí, podél říčních toků, údolími nebo v blízkosti břehů jezer. Proto existuje rozmanitý seznam objektů, které mohou zasaženy v závislosti na tom, kde k havárii dojde.
- K havárii může dojít v oblasti kde se nevyskytují žádná fixní zařízení s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky a tedy v místech kde místní obyvatelstvo ani zásahové složky nemusí být připraveny na řešení havárie s účastí NCHLAP.
- Ve většině případů má vzhledem k nedostatečné osvětě populace tendenci podceňovat rizika plynoucí z havárií s účastí NCHLAP a ignoruje doporučené postupy při takovýchto nebezpečných situacích. Přitom může dojít k zasažení obydlí sousedících s přepravní trasou, nákupních středisek, může dojít k zasažení cestujících v blízkém osobním vlaku nebo cestujících v automobilech na téže cestě.
- Samotná havárie může zablokovat přístup pro zasahující jednotky vytvořenou zácpou na dálnici nebo k havárii může dojít na železnici nebo na potrubí v místech kde se zasahující technika bude jen těžce a dlouho dostávat.

3.1 Obecné přístupy k analýze rizik

Obecně lze metody analýzy rizik rozdělit na kvantitativní a kvalitativní metody [12]. Princip kvantitativní analýzy rizik je založen na dvou základních krocích, tj. pravděpodobnosti výskytu jevu a pravděpodobnosti ztráty hodnoty. Nevýhodou jsou relativní hodnoty pravděpodobnosti, se kterými tyto metody pracují. Jedná se zejména o kombinaci nespolehlivosti vstupních dat a špatnou kontrolu přijatých opatření.

Při přepravě NCHLAP je vzhledem ke značné proměnlivosti faktorů, které mohou ovlivnit pravděpodobnost vzniku havárie značně její stanovení. Faktory které mohou pravděpodobnost ovlivnit jsou například:

- Stav přepravního zařízení
- Kondice řidiče
- Povětrnostní podmínky
- Hustota dopravy
- Kvalita vozovky apod.

Z výše uvedených důvodů se jako nepoužitelnější údaj pro stanovení pravděpodobnosti vzniku havárie jeví statistiky havárií pro danou přepravní trasu. Pro potřeby havarijního plánování není nutné stanovení pravděpodobnosti havárie. Pro potřeby samotného řízení rizik lze vyvinout metodiku stanovení pravděpodobnosti havárie založenou na již zmíněných statistikách dopravních nehod. Metodika pro stanovení pravděpodobnosti vzniku havárie při přepravě NCHLAP je však již mimo rámec této disertační práce.

Kvalitativní metody analýzy rizik pracují s daty o následcích, ztrátách užitné hodnoty, k tomuto vyjádření často využívají vyjádření pomocí indexů. S pravděpodobnosti vzniku události neuvažují, stěžejní je stanovení zranitelnosti, nebo míry ohrožení. Pro analýzu rizik havárií za účasti NCHLAP se uvažují čtyři základní cílové systémy, které mohou být potenciální havárií zasaženy.

Jsou to:

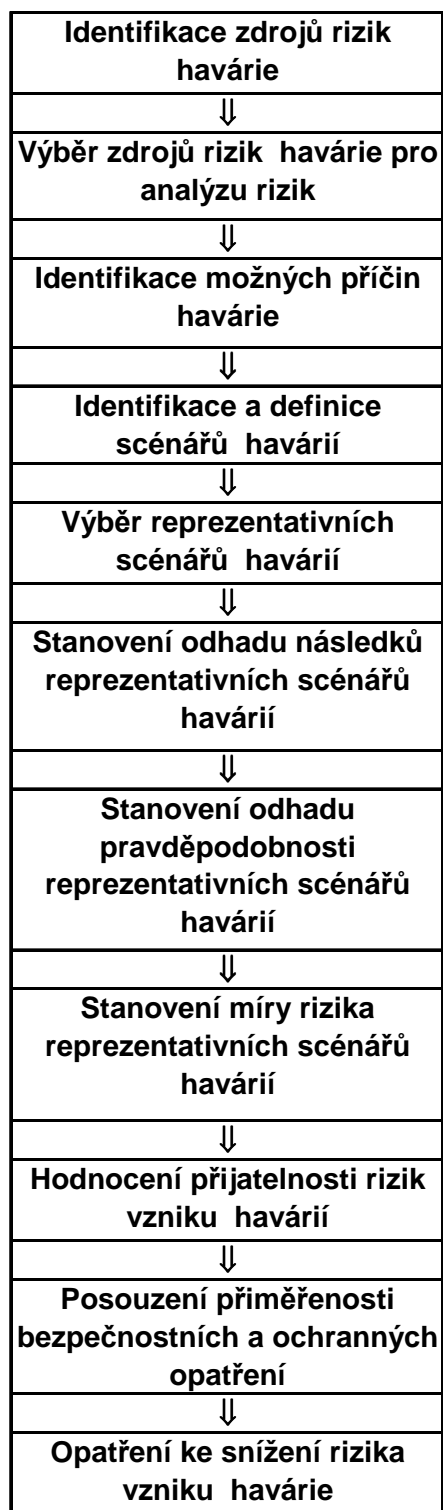
- Zdraví a životy osob
- Životní prostředí
- Majetek
- Kritická infrastruktura (KI)

Cílové systémy mohou být zasaženy různými typy následků havárie. Typ následků havárie závisí především na druhu NCHLAP, který se havárie účastní. Obecně lze tyto účinky rozdělit dle jejich fyzikální podstaty na:

- účinky toxických látek,
- tepelné účinky,
- účinky tlakové vlny,
- účinky letících fragmentů.

V závislosti na vypočtených dosazích a na druhu zasaženého cílového systému, je při stanovení závažnosti takovéto havárie uvažován počet zraněných či usmrcených osob nebo majetkové ztráty v nichž jsou zahrnuty i škody způsobené na životním prostředí. Jelikož nejsme schopni v současné době škody na životním prostředí spolehlivě vyčíslit, je vhodné brát jako škodu náklady na dekontaminaci a revitalizaci zasažené oblasti. Mezi ztráty je dále nutno zahrnout i náklady na evakuaci a dočasné ubytování evakuovaných osob. Případné soudní nároky evakuovaných osob nelze do předběžného vyčíslení škod pro jejich nepředvídatelnost zahrnout.

obrázek 7: Obecné schéma analýzy a řízení rizik stacionárních zařízení []



3.2 Dosavadní metody analýzy rizik užívané k hodnocení rizik stacionárních zařízení a jejich popis

V průmyslově vyspělých zemích se pro identifikaci nebezpečí a/nebo posouzení rizika (bezpečnostní studii) používá více než desítka metod. Nacházejí uplatnění nejen při posuzování bezpečnosti chemického procesu, ale jsou používány také v potravinářském průmyslu, farmacii a v jiných výroбах, které mohou být zdrojem nebezpečí. Základní přehled metod je uveden níže v tabulce.

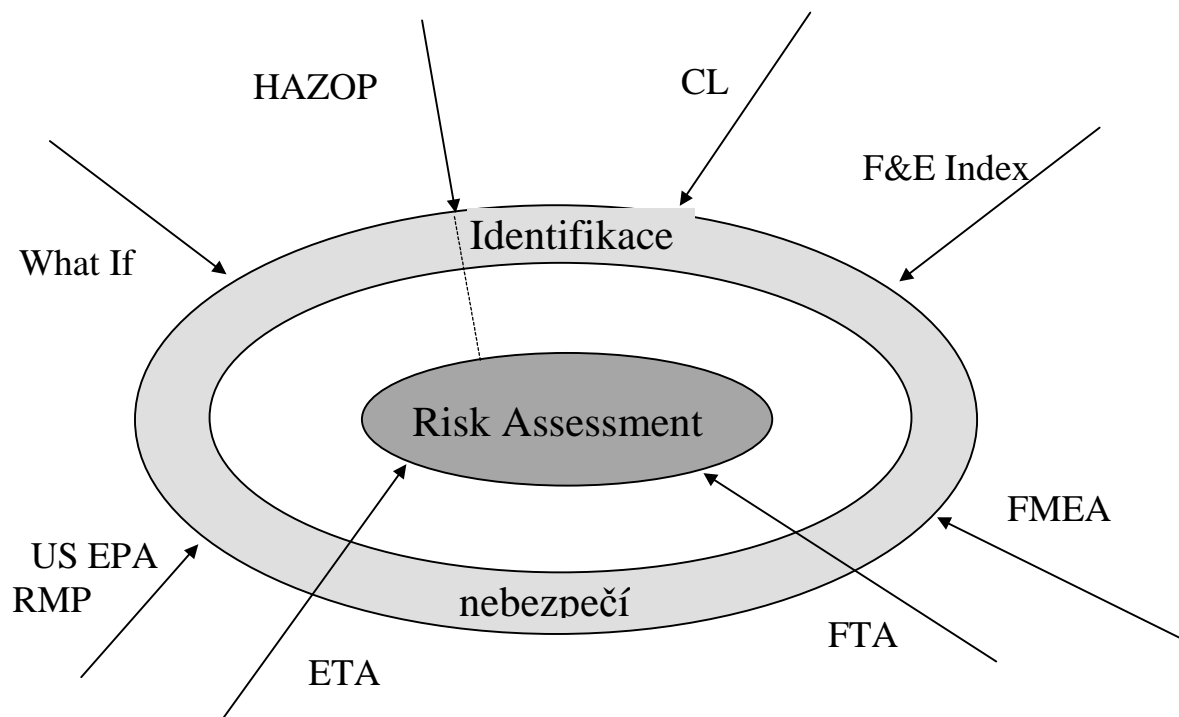
Safety Review	Prověření bezpečnosti	(SR)
Checklist Analysis	Seznam kontrol	(CL)
Relative Ranking	Relativní klasifikace	(RR)
Preliminary Hazard Analysis	Předběžné posouzení nebezpečí	(PHA)
What-If Analysis	"Co se stane, když"	(WI)
What-If/Checklist Analysis	Co když / seznam kontrol	(WI/CL)
Hazard and Operability Analysis	Analýza nebezpečí a provozovatelnosti	(HAZOP)
Failure Modes and Effects Analysis	Analýza příčin a následků poruch	(FMEA)
Event Tree Analysis	Analýza stromem událostí	(ETA)
Fault Tree Analysis	Analýza stromem poruch	(FTA)
Cause-Consequence Analysis	Analýza příčin - následků	(CCA)
Human Reliability Analysis	Analýza spolehlivosti lidského činitele	(HRA)
US EPA Risk Management Program for Offsite Consequence Analysis	Metoda pro stanovení následků pro potřeby programu řízení rizik	US EPA RMP

Uvedený přehled metod nelze považovat za úplný nebo vyčerpávající. Kromě toho existuje řada modifikací různých metod, např. taxativní indexová metoda uvedená jako Relative Ranking (relativní posouzení) reprezentuje vlastně několik metod. Jako konkrétní příklady lze uvést metody Dow Fire & Explosion Index, Mond Index, Rapid Ranking, IAEA TecDoc 727 atd.)

Seznam metod není ani úplný, ani preferenční. Nejedná se o metody konkurenční, ale navzájem se doplňující a podporující.

Každá z uvedených metod analýzy rizik má své omezení a aplikační možnosti. Jednotlivé metody se liší přístupem, požadavky na vstupní data a využitelností výsledků.

obrázek 8: Schéma využitelnosti metod analýzy rizik



3.2.1 Metoda IAEA TecDoc 727 [8]

Tato metoda se zakládá na klasifikaci nebezpečných aktivit s nebezpečnými látkami ve sledované oblasti pomocí kategorizace následků a pravděpodobnosti výskytu závažné havárie. Celý text metody je uveden v elektronické příloze této disertační práce. Kategorizace následků vede k přibližnému výpočtu počtu smrtelných zranění při nežádoucí události v průmyslovém zařízení nebo při přepravě nebezpečných látek. Odhad pravděpodobností vychází z informací o frekvenci výskytu havárií v minulosti (počet událostí na zdroj/aktivitu a na rok). Výsledky bývají prezentovány v grafické formě v souřadném systému x-y; na ose x jsou uvedeny třídy následků a na ose y třídy pravděpodobností. Takovým způsobem lze všechny nebezpečné aktivity ve sledovaném regionu klasifikovat a

znázornit ve formě matice. Po stanovení kriteria přijatelnosti sociálního rizika lze pomocí matice identifikovat, které aktivity nesplňují stanovené podmínky.

Výsledkem je seznam těch aktivit, jejichž riziko je třeba analyzovat podrobněji, prioritně před jinými aktivitami.

Rozsah metody:

a) Tato metoda umožňuje odhad míry rizika v případě havárie stabilního výrobního zařízení, u kterého dochází k manipulaci, skladování a zpracování nebezpečných látek; havárie při transportu nebezpečných látek po silnici, železnici, produktovody a vodní cestě. Metoda také umožňuje stanovení míry společenského rizika pro případy zasažení obyvatelstva požárem, výbuchem nebo únikem toxické látky za hranicemi zdroje rizika.

b) Při aplikaci metody je pojem riziko chápán jako vztah mezi dvěma termíny, tj. mezi velikostí následku a neurčitostí spojenou s výskytem havárie, tj. její pravděpodobností.

Individuální riziko úmrtí je definováno jako možnost (pravděpodobnost), že během roku dojde k usmrcení kterékoliv osoby z okolní populace z výše uvedených důvodů. Společenské riziko je definováno jako poměr počtu usmrcených lidí při konkrétní události a pravděpodobnosti.

c) Postupy, které jsou použité pro odhad následků události vycházejí z předpokladu obvyklých následků (nikoliv maximálně možných následků). Následky a pravděpodobnosti uvažované ve scénáři jsou ve vzájemné relaci.

Odhad následků vychází z průměrných povětrnostních podmínek a z předpokladu 100% úmrtnosti v uvažované oblasti zasažené účinky havárie (požár, exploze atd.).

Neurčitosti (nejistota) v uvažovaných kritériích (např. hodnota LC_{50}) stejně jako relativní omezení vlivu účinku na ovlivněnou oblast (např. tepelná radiace a přetlak při explozi mraku plynů) má za následek poměrně hrubý odhad následků.

Metoda byla využita jako technický základ pro vyhlášku č. 103/2006 Sb. [14].

3.2.2 Dow's Fire and Explosion Index [9]

Jedná se o indexovou metodu schopnou ohodnotit míru rizika vzniku požáru či exploze při provozu jednotlivých zařízení. Primárním úkolem této metody je sloužit jako kritérium pro výběr systémů protipožární ochrany. Celý text metody je uveden v elektronické příloze této disertační práce. Současná verze této metody podává klíčové informace k ohodnocení míry rizika požáru nebo exploze při provozu jednotlivých zařízení. Je jedním z nástrojů pro realistické ohodnocení potenciálu požárů, explozí a reaktivity zařízení a látek ve výrobním procesu.

Pomocí této metody je možno určit reálnou maximální ztrátu, která vznikne na zařízení samém, ale i na příslušenství.

Ačkoliv je tato metoda primárně navržena pro procesy s hořlavými nebo nebezpečně reaktivními materiály, které jsou skladovány, přepravovány nebo vyráběny, může být použita i pro stanovení následků havárií pro potrubí.

Účel metody F&EI je následující:

- Kvantifikovat očekávané poškození od možného požáru, exploze či reaktivitou v reálných hodnotách.
- Identifikovat zařízení, které může přispět k havárii či zhoršit její následky.
- Interpretovat výsledky analýzy managementu.

3.2.3 Dow Chemical Exposure Index [1]

Chemical Exposure Index – CEI. Index CEI se používá pro řazení relativního akutního zdravotního nebezpečí spojeného s potenciálními chemickými úniky. Celý text metody je uveden v elektronické příloze této disertační práce. Index CEI užívá jednoduchou metodiku pro zařazení jakékoliv toxické chemikálie založenou na 5 faktorech: (1) míra toxicity, (2) rychlost okamžitého přechodu materiálu do ovzduší – v podstatě jde to nejjednodušší

výpočet scénáře závažné havárie, (3) vzdálenost ke každé ploše, kde je třeba uvažovat toxické dopady, (4) molekulová hmotnost vyhodnocované látky a (5) procesní proměnné, které mohou ovlivnit podmínky úniku, jako jsou teplota, tlak, reaktivita atd.

Dow CEI však nelze využít k analýze dopadu havárií na životní prostředí.

3.2.4 US EPA RMP Guide [11]

Metodika byla vyvinuta americkou agenturou US EPA (Environmental Protection Agency USA) pro určení následků průmyslových havárií s účastí nebezpečných chemických látek a přípravků pro potřebu zpracování Bezpečnostních programů. Celý text metody je uveden v elektronické příloze této disertační práce.

Metodika počítá s odhadem následků pro nejhorší možný scénář a pro alternativní scénáře. Jako nejhorší možný scénář je uvažován případ, kdy se havárie účastní maximální množství nebezpečné chemické látky za nejméně příznivých podmínek podporujících šíření následků havárie. Jako alternativní scénář je uvažován případ, kdy dojde k úniku pouze určitého množství nebezpečné chemické látky, avšak je zde vyšší pravděpodobnost takovéto havárie a následky jsou stále závažné pro okolí uvažovaného zdroje nebezpečí. Metodika obsahuje řadu empirických výpočtových vzorců jimiž lze vypočítat dosahy následků pro jednotlivé scénáře havárií.

3.2.5 Metody ETA a FTA [7]

Stromy poruch (Fault Tree Analysis – FTA) a stromy událostí (Event Tree Analysis – ETA) jsou logické diagramy, které jsou používány v analýze rizik. V určitém zjednodušení můžeme říci, že stromy poruch se zabývají tím, jaká kombinace počátečních faktorů povede ke vzniku předem definované vrcholové nežádoucí události (nehody, poruchy...) a stromy událostí se zabývají tím, jak se může tato předem definovaná nežádoucí událost rozvíjet k dalším

důsledkům. I když se ve zmíněné nežádoucí události stromy poruch a stromy událostí setkávají, liší se jak způsobem konstrukce, tak i využitím, a jsou proto pojednány odděleně.

Stromy událostí:

Stromy událostí zachycují vazby odezvy systému na jednotlivé iniciační události. Každému uvažovanému scénáři odpovídá jeden strom událostí. V případě, že je odezva analyzovaného systému na událost vždy stejná, budou stromy událostí pro jednotlivé scénáře mít stejný charakter. Budou se lišit pouze v hodnotě frekvence iniciační události.

Stromy poruch:

Stromy poruch vstupují do záhlaví stromů událostí a reprezentují jednotlivé nezávislé systémy podílející se na zvládnutí odezvy analyzovaného systému na událost. Stromy poruch tvoří pravděpodobnostní model systému vstupujících do záhlaví stromu událostí.

Stromy poruch a událostí lze s výhodou využít pro výpočet pravděpodobnosti vzniku nežádoucí události v případě, že známe pravděpodobnosti takzvaných počátečních událostí. Významnou výhodou stromů poruch a událostí je fakt, že pomocí nich lze rozklíčovat logický sled událostí vedoucích k možné havárii. Při znalosti tohoto sledu událostí lze pak účinně hledat bariéry snižující pravděpodobnost vzniku havárie.

Pro efektivní provedení analýzy rizik je vhodné stromy poruch a událostí kombinovat do takzvaného bow-tie diagramu kde se vrcholová událost stromu poruch stává počáteční událostí stromu událostí [29].

3.2.6 Rapid Ranking- Rychlé hodnocení

Umožňuje hodnocení nebezpečí zahrnutím indexu hořlavosti, výbušnosti a toxicity. Index hořlavosti a výbušnosti se stanovuje na základě určení materiálového faktoru a míry obecných a specifických nebezpečí procesu. Stanovení indexu toxicity vychází z faktoru nebezpečí ohrožení zdraví a z nejvyšší přípustné koncentrace přítomné nebezpečné látky.

Podle výsledných hodnot uvedených indexů je výrobní proces nebo jednotka zařazen do jedné ze tří kategorií nebezpečí. Podle této klasifikace se přistupuje k dalšímu provedení analýzy nebezpečí a souvisejících rizik. [23]

3.2.7 Revize bezpečnosti

Tato metoda patří mezi nejstarší. Je založena na inspekci existujícího zařízení nebo posuzování projektové dokumentace před spuštěním procesu. Je zde potřeba spolupráce mezi analytikem a obsluhujícím personálem. Metoda identifikuje nebezpečné podmínky a provozní postupy, pro které jsou posléze navrhována ochranná opatření. Výsledkem je popis bezpečnostních problémů a nápravné činnosti. [22] Tato metoda je určena přednostně pro management podniku a pro plánování okresu má jen omezené využití.

3.2.8 Kontrolní seznam

Metoda je důležitá jako způsob, kterým lze analyzovat složité i obtížné problémy a srovnávat je s předem připraveným programem. Metoda je vhodná pro zjišťování událostí, ke kterým již došlo. Jejím nedostatkem je, že neposkytuje dostatečnou představu o nebezpečí, které by mohlo vzniknout v jiných možných situacích. [23]

3.2.9 Předběžná analýza ohrožení

Metoda byla vyvinuta původně pro účely armády USA. V průmyslu se obvykle používá ve fázi konečného návrhu projektu nebo ve fázi vývoje s cílem vytvořit seznam všech nebezpečí, která se mohou v procesu vyskytnout. Po posouzení procesu metodou je možno použít některou z podrobnějších metod. Metodou PHA mohou být identifikována a poté eliminována závažná nebezpečí, minimalizovány následky a bezpečnost zvládána od samého počátku. Tato metoda může být použita i na stávající zařízení, pokud je vyžadována všeobecná analýza nebezpečí. [22]

3.2.10 Analýza „Co se stane když...“

Bezpečnostní studie se uskutečňuje formou tvořivých pracovních porad ve stylu brainstormingu. Porady se účastní vybraná skupina odborníků dobře obeznámených se prověřovanou technologií či procesem. Kdokoliv v týmu může formulovat otázku typu „Co se stane když....“, která ho zajímá. Pracovní tým pak hledá odpovědi na takto formulované otázky, přičemž se odhalují následky vzniklého stavu a navrhuje se opatření a doporučení. Generování dotazů závisí na zkušenostech týmu odborníků, proto je důležité dbát na složení týmu z kvalitních odborníků ze schopností tvořivého přístupu. Od tohoto týmu se očekává, že na základě svých znalostí a zkušeností odhalí nebezpečné stavy a situace, které se mohou vyskytnout v různých fázích procesu. V praxi je tato metoda relativně často používána neboť klade poměrně malé nároky na čas. K dosažení malé časové náročnosti a správnosti výsledků je ovšem třeba systematického postupu a zkušeností pracovního týmu, v opačném případě je výsledek diskutabilní. Metodu What – If je možno použít při bezpečnostní studii energetických systémů, surovin, skladů, pracovních postupů, provozní bezpečnosti apod.. [22].

3.2.11 Hazop – Hazard and Operability Study (Studie nebezpečí a provozovatelnosti) [12].

Pro systematickou a pečlivou analýzu bezpečnosti složitého procesního zařízení se v průmyslově vyspělých zemích Evropy často používá metoda označovaná jako HAZOP (Hazard and Operability Study). Jako každá systematická studie, je i aplikace této metody analýzy bezpečnosti náročná na čas, znalosti a zkušenosti. Proto byla zpočátku používána skutečně jen pro analýzu a posouzení nebezpečných (havarijních) stavů u velkokapacitních zařízení. V poslední době se však počet bezpečnostních studií realizovaných metodou HAZOP stále zvyšuje. Metoda HAZOP je v současnosti relativně úspěšnou metodou jakož i uznávaným evropským standardem.

CHARAKTERISTIKA METODY - HAZOP vychází z rozboru obvyklé situace v procesním průmyslu. Řada potenciálních problémů může být v projektu přehlédnuta či opomenuta z důvodu značné složitosti projektu a nikoliv z důvodu nedostatku znalostí a zkušeností projekčního týmu.

Pro analýzu metodou HAZOP je nutné analyzované zařízení rozdělit na jednotlivé funkční celky a tyto celky pak podrobit systematické analýze pomocí klíčových slov, které definují provozní charakteristiky analyzovaného zařízení a k nimž se hledají možné odchylky od standardního provozního stavu.

tabulka 2: Tabulka odchylek HAZOP

Klíčové slovo Parametr	Více	Méně	Žádný	Opačný	Částečný	Stejný jako	Jiný než
Průtok	Velký průtok	Malý průtok	Žádný průtok	Opačný tok	Částečný tok		Ztráta obsahu
Tlak	Velký tlak	Malý tlak	Žádný tlak	Vakuum	Parciální tlak		Ztráta tlaku
Teplota	Vysoká teplota	Nízká teplota	Bez teploty	Opačná teplota			Jiná teplota
Hladina	Vysoká hladina	Nízká hladina	Žádná hladina				Ztráta obsahu
Skupenství			Žádná reakce	Jiné skupenství			
Sekvence	Dřívější reakce	Pozdní reakce	Žádná reakce				Run away reakce

Dalšími parametry zařízení analyzovanými pomocí klíčových slov mohou být například:

- Koroze
- Tlak par
- Viskozita
- Start zařízení

- Statické elektřina
- Apod.

3.3 Diskuse nad využitelností metodik analýzy rizik pro hodnocení rizik přepravy NCHLAP

Jak již bylo výše uvedeno lze rozlišit využitelnost metod analýzy rizik dle několika kritérií.

Tato kritéria jsou především:

- K čemu budou výsledky analýz využity
- Náročnost na vstupní data
- Časová a technická náročnost na zpracování analýzy

Při analýze rizik přepravy NCHLAP je nutno počítat s možnými scénáři havárií uvedenými v tabulce 3, jejichž dosahy musí být vybraná metodika schopna kvantifikovat. Dosahem se v tomto případě rozumí vzdálenost, do které budou působit nebezpečné vlastnosti přepravovaných NCHLAP, které se projeví během havárie. Tyto nebezpečné vlastnosti budeme nazývat limitními faktory.

tabulka 3: Tabulka limitních faktorů

Scénář	Limitní faktor osoby	Limitní faktor ŽP	Limitní faktor majetek
Toxický rozptyl výparů kapaliny nebo plynu	ERPG 2	LC ₅₀ [3]	Nestanovuje se
Exploze typu VCE	Přetlak 0,06 bar*	Přetlak 0,06 bar	Přetlak 0,06 bar
Exploze typu BLEVE	Tepelný tok 5 kW / m ^{2**}	Tepelný tok 23 kW / m ^{2***}	Tepelný tok 23 kW / m ²
Požár	Tepelný tok 5 kW / m ²	Tepelný tok 23 kW / m ²	Tepelný tok 23 kW / m ²

*- přetlak 0,06 bar způsobuje vyražení rámu oken a může tedy dojít ke zranění i osob v objektech a poškození majetku a životního prostředí.

** - teplotní tok 5 kW / m² způsobuje popáleniny 2 stupně za dobu 5 sekund.

*** teplotní tok 23 kW / m² způsobuje zapálení dřeva a tudíž definuje možnost poškození biotické složky ŽP a majetku.

V současné době jsou limitní faktory stanoveny především pro hodnocení následků havárií na zdraví a životy osob a dále na škody na majetek. Limitní faktory uvedené v tabulce 3 byly převzaty z metodik MunichRe [24], největší světové zajišťovny. Pro stanovení následků havárií na životní prostředí je možno navázat na vybranou metodiku metodikou H&V Index.

Pro potřeby analýzy rizik přepravy NCHLAP je nutné vybrat metodu, pomocí které bude schopen její uživatel stanovit dosahy limitních faktorů u scénářů uvedených v tabulce 3, a která nebude mít zjednodušující předpoklady vázané na stacionární zařízení. Metodika nemusí mít nutně nástroje na stanovení pravděpodobnosti vzniku případné havárie. Pravděpodobnost je účelnější stanovit při aplikaci vybrané metodiky na konkrétní lokalitě a to na základě statistických dat.

Výsledky vybrané metody by měly být použitelné jako podklad pro havarijní plánování a to především v kombinaci se znalostí zranitelnosti konkrétní oblasti, kde bude metoda aplikována. Vzhledem k charakteru přepravních tras jako liniových zdrojů rizik je nutné aby metodika byla aplikovatelná plošně a byla schopna reagovat na měnící se okolní podmínky ovlivňující možnost šíření následků případné havárie.

Na základě uvedených předpokladů kladených na možnosti využití vybrané metody analýzy rizik je zřejmé, že je nutné do užšího výběru pro posouzení vhodnosti metodik zařadit ty metody, pomocí kterých budeme schopni stanovit vzdálenosti (od místa vzniku havárie) do které budou působit limitní faktory uvedené v tabulce 3 a do které se tedy projeví následky případné havárie.

Z uvedených popisů metod analýzy rizik je evidentní, že nemohou být využity metody typu HAZOP, FMEA FTA nebo ETA a to především proto, že nejsou primárně určeny pro stanovení dosahu následků havárií, ale pro určení jejich scénářů. Pro hodnocení rizik přepravy NCHLAP je nutné vybrat metodu schopnou kvantitativního posouzení rizika tedy některou z níže uvedených.

Z výše uvedených metod analýzy rizik budou do zúženého výběru a posouzení vhodnosti k analýze rizik přepravy NCHLAP vybrány metodiky:

- IAEA TecDoc 727
- DOW Indexy
- US EPA RMP

Metodiky byly vybrány k posouzení vhodnosti k analýze rizik přepravy NCHLAP především proto, že se nejvíce blíží kritériím, které musí vybraná metoda plnit aby byla schopna aplikace a to svou komplexností, schopností ohodnotit scénáře uvedené v tabulce 3 a schopností využít k provedení analýzy rizik obecně dostupná data.

4 Cíl a přístup k řešení problematiky disertace

Každá z chemických látek má svůj specifický životní cyklus počínající její výrobou, pokračující jejím skladováním ve skladech výrobních podniků, dále v distribučních skladech a nakonec ve skladech podniků kde je látka spotřebována. Každá z těchto částí životního cyklu představuje specifická rizika. Mezi výrobou, distribučními sklady a místem spotřeby probíhá přeprava NCHLAP a to až několikrát v rámci jednoho životního cyklu chemické látky.

Vzhledem ke skutečnostem uvedeným v kapitole 1 se jeví jako žádoucí mít k dispozici metodiku využitelnou pro analýzu rizik přepravy NCHLAP s výstupy použitelnými pro potřeby hodnocení rizik v rámci celého životního cyklu chemických látek od jejich výroby, transportu, skladování až po jejich spotřebu. Takováto metodika může být dále využitelná jako součást hodnocení zranitelnosti kritické infrastruktury.

Cílem této disertační práce je:

- Zjistit aplikovatelnost stávajících metod analýzy rizik stacionárních zařízení k analýze rizik přepravy NCHLAP a stanovit pravidla pro jejich využití.
- Vybrat vhodnou metodu nebo kombinaci metod použitelných pro analýzu rizik přepravy NCHLAP.

- Provést hodnocení rizik přepravy pro amoniak, benzin a LPG jako pro jedny z nejpřepravovanějších látek v rámci ČR s rozdílnými fyzikálně chemickými a bezpečnostními charakteristikami.
- Stanovit způsoby a možnosti využití vybrané metodiky

Amoniak, benzin a LPG patří nejen mezi nepřepravovanější látky v rámci České republiky ale tvoří také reprezentativní vzorek látek s různými fyzikálními a chemickými vlastnostmi, což je nutné k tomu aby byla zajištěna dostatečná univerzálnost vybrané metodiky a vyjádřena její aplikovatelnost pro různé druhy NCHLAP.

Výstupy z této disertační práce mohou být využity následující způsobem:

- Na základě ohodnocení typových přepravních jednotek lze kolem přepravních tras vytýčit ohrožené zóny.
- Zasahující jednotky a orgány samosprávy budou mít k dispozici podklad pro vypracování případných havarijních plánů
- Orgány státní správy a samosprávy ve spolupráci s dopravci získají nástroj, pro plánování přepravních tras

Vzhledem k značné proměnlivosti podmínek přepravy NCHLAP nebude metodika řešit pravděpodobnost vzniku havárie. Pro výše uvedené potřeby není tento údaj zásadní. Pomocí metodiky by měl být její uživatel schopen ohodnotit dosah nežádoucích účinků havárie což ve spojení znalosti citlivosti prostředí v okolí přepravní trasy dává podklady k výše uvedenému využití. Toto je ale možné až při konkrétní aplikaci vybrané metodiky.

5 Řešení

Pro posouzení vhodnosti vybraných metod analýzy rizik je potřeba zvolit reprezentativní vzorek NCHLAP. Pro výběr NCHLAP k vzorovému posouzení vybranými metodami analýzy rizik jsou vybrány NCHLAP dle následujících kritérií:

- Četnost jejich přepravy

- Reprezentativní různorodost chemicko fyzikálních vlastností
- Reprezentativní různorodost nebezpečných vlastností NCHLAP

Vybrané NCHLAP musí být aplikovatelné na scénáře havárií, které lze při přepravě NCHLAP očekávat a které jsou uvedeny v tabulce 3.

Pro hodnocení vybranými metodami byly určeny následující NCHLAP:

- Amoniak – přepravován jako tlakem zkapalněný toxický plyn. Očekávaným scénářem je především toxický rozptyl s následnou intoxikací osob a kontamínací životního prostředí.
- LPG – přepravován jako tlakem zkapalněný extrémně hořlavý plyn. Očekávaným scénářem je exploze typu VCE nebo exploze typu BLEVE.
- Benzin – přepravován za atmosférického tlaku jako extrémně hořlavá kapalina. Očekávaným scénářem je požár nebo znečištění životního prostředí.

5.1 Popis vybraných NCHLAP, jejich vlastností a způsobů přepravy

Amoniak je chemická látka skládající se z dusíku a vodíku ve složení NH_3 .

Výrobu amoniaku lze zjednodušeně popsat jako rozklad zemního plynu za vysokých teplot (cca 850 - 1000°C) a tlaků (cca 3,3 MPa) za vzniku syntézního plynu a CO_2 . CO_2 je následně využíván k výrobě močoviny. Amoniak je zkapalněný skladován v tlakových, kulových zásobnících a následně distribuován k další spotřebě. Amoniak lze zkapalněný skladovat pouze při teplotě pod -33°C nebo za tlaku cca 8,5 bar při běžných teplotách.

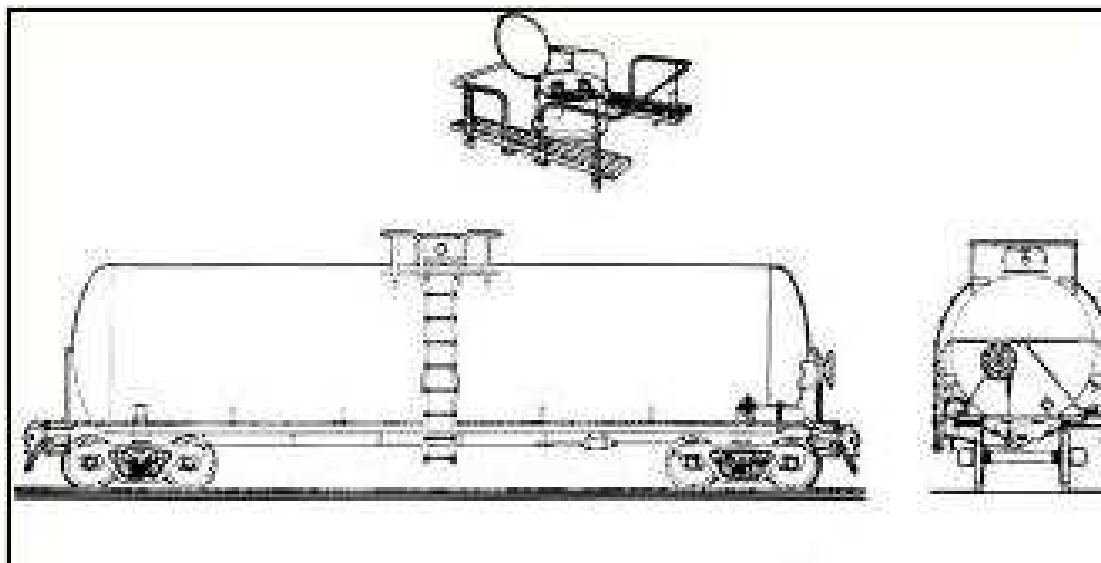
Amoniak je přepravován jak v železničních, tak také v automobilových cisternách a to zkapalněný tlakem. Nebezpečnost amoniaku spočívá především v jeho toxicitě, která je definována především R větami 10 – 23 – 34 – 50 a symboly nebezpečnosti T a N.

Po úniku kapalného amoniaku dojde k jeho rychlému vypaření. Samotný únik již bývá často dvou fázový (tj. uniká jak kapalná, tak plynná fáze). Po odparu dojde k vytvoření toxického

mraku, který se může dále šířit dle meteorologických podmínek i do poměrně značných vzdáleností.

Amoniak je nejčastěji přepravován po železnici v železničních cisternách o tonáži 60 t a to zkapalněný tlakem.

obrázek 9: Železniční cisterna pro přepravu plynů zkapalněných tlakem.



LPG je souhrnný název pro poměrně velkou skupinu extrémně hořlavých uhlovodíkových plynů, které jsou lehčími benzínovými frakcemi a těžšími frakcemi zemního plynu. Nejznámějšími plyny této skupiny jsou propan a butan. Mohou být zkapalňovány tlakem nebo chlazením, což vede k výrazné redukci jejich objemu. Zkapalnění je dělá mnohem přijatelnějšími pro skladování a přepravu. Po úniku LPG dojde k velmi rychlému odparu a vytvoření rozsáhlého oblaku hořlavého plynu. Objem takto uniklého plynu je fakticky 270 krát větší než stejné množství kapalného LPG. Tento mrak plynu po vznícení expanduje do přibližně sedmkrát většího objemu když je zapálen. Toto může vést ke vzniku tlakové vlny (explose typu VCE), které může způsobit významné škody. Stejně tak je nebezpečná hořící oblast, které k místu exploze přiléhá.

obrázek 10: Exploze typu VCE při úniku zemního plynu z plynovodu UFA SSSR



Významným typem havárie za účasti LPG může být rovněž exploze typu BLEVE. Pokud dojde k havárii cisterny a ta s očitne v plamenech dojde po čase k jejímu zahřátí a tím k rozpínání plynu v ní. Po překročení meze pevnosti materiálu dojde k fyzikální explozi způsobené přetlakem v cisterně a okamžitému výronu mraku hořlavých plynu, který je téměř ihned iniciován. Tato exploze je doprovázena mohutnou ohnivou koulí. Tato ohnivá koule může působit smrt, zranění a materiální škody do vzdálenosti cca 300 – 400 m. Při úniku LPG z přepravního zařízení a vytvoření mraku hořlavého plynu dojde po jeho iniciaci k explozi typu VCE.

obrázek 11: Exploze typu BLEVE doprovázená ohnivou koulí Fire Ball



LPG je využíváno k více účelům než jen jako palivo do automobilů. LPG je využíváno ve vzdálenějších lokalitách i k vytápění objektů a dále také jako hnací plyn do sprejů. LPG je přepravován v železničních cisternách o kapacitě 35 t. LPG je přepravován zkapalněný tlakem a to při tlaku cca 1,56 MPa. Je-li LPG přepravován v autocisternách může přepravované množství dosáhnout až 15 t.

LPG je klasifikován jako extrémně hořlavý plyn s označením nebezpečnosti F+ a větou R 12.

Benzín je vyráběn v rafinériích jako jedna z lehčích frakcí destilace ropy. Benzín je využíván především jako palivo pro automobily. V České republice působí společnost ČEPRO, a.s., která se zabývá skladováním, přepravou a částečně i distribucí benzinu. Přeprava benzinu z rafinérií probíhá především podzemním potrubím do skladů společnosti ČEPRO. Ze zahraničních zdrojů je benzin dopravován jak potrubím (ze Slovnaftu Bratislava), tak také po železnici v železničních cisternách. Rovněž mezi sklady společnosti ČEPRO je benzin

dopravován podzemním potrubím nebo železniční dopravou. Následná distribuce ze skladů ČEPRO k veřejným čerpacím stanicím probíhá pomocí autocisteren po silnici. Kapacita autocisteren je 22,5 t benzínu. Kapacita železničních cisteren je 60 t. Současná délka produktovou číní přes 1100 km.

Při havárii přepravní jednotky existuje několik variant nežádoucích následků. Pokud nedojde k apálení par unikajícího benzínu, dochází ke kontaminaci životního prostředí.

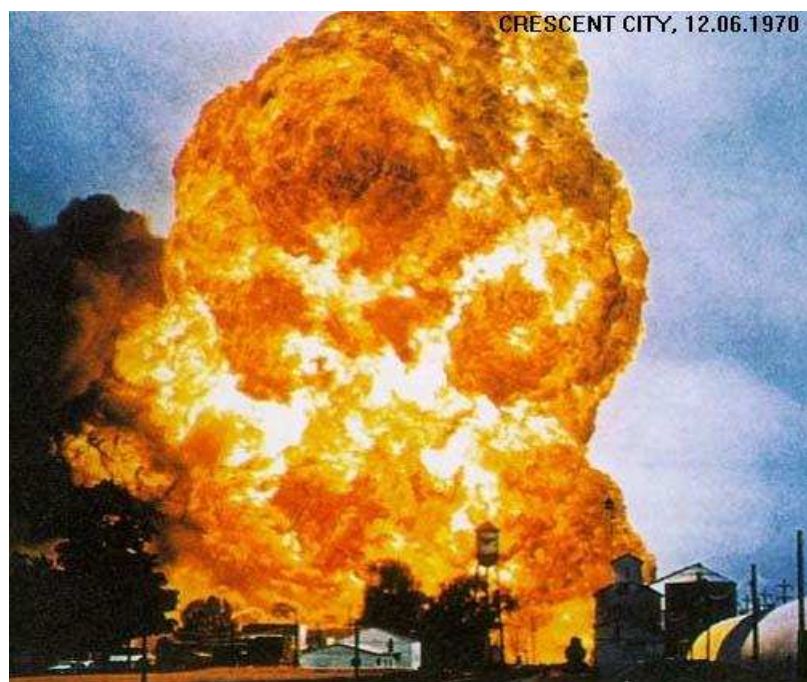
obrázek 12: Kontaminace složek ŽP ropnými produkty při úniku v Kmětíněvsi



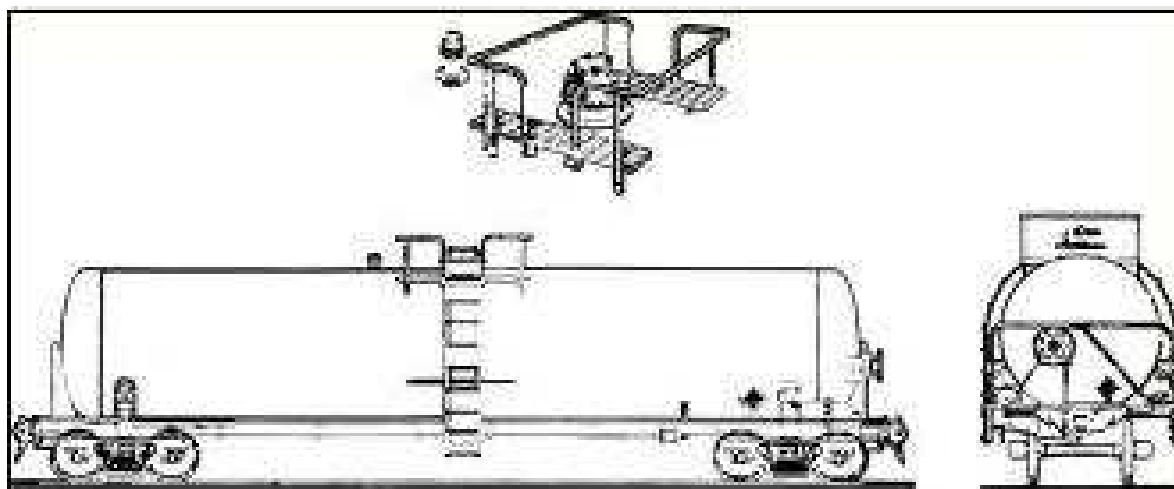
Při bezprostředním zapálení par unikajícího benzínu dochází k prostému požáru s tím, že může dojít k přehřátí vyprazdňující se cisterny a explozi par v ní obsažených. Pokud dojde k iniciaci par benzínu až po nějaké době, může dojít k jevu nazývaném flash fire (rychlé prohoření mraku par) a následnému prostému požáru. Za vhodných podmínek, kterými jsou dostatečně velké odpařené množství (více než 1 t) může Flash Fire přejít do exploze typu VCE.

Nebezpečné vlastnosti benzínu jsou charakterizovány symboly nebezpečnosti F+ a T a R větami R 12, R 45, R 48/20/21/22, R 65.

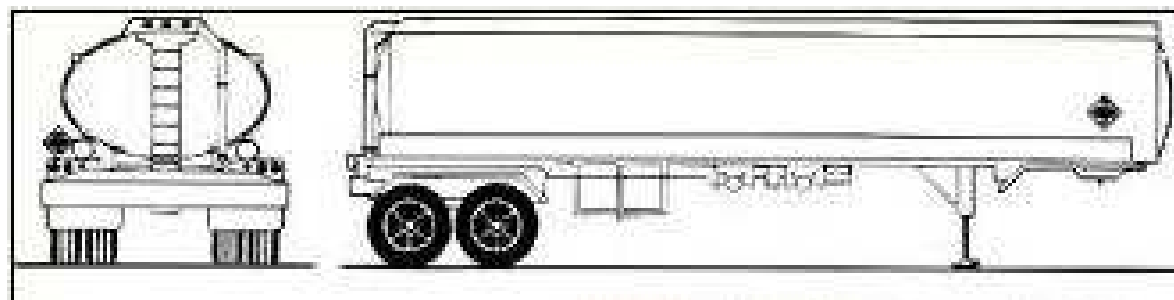
obrázek 13: Ukázka požáru typu Flash Fire



obrázek 14: Železniční cisterna určená k přepravě kapalin za atmosférického tlaku



obrázek 15: Auto cisterna k přepravě kapalin za atmosférického tlaku.



5.2 Testování využitelnosti vybraných metod analýzy rizik hodnocením jednotlivých etap životního cyklu NCHLAP

Metodikami IAEA TecDoc 727, DOW Indexy a US EPA je testována přeprava NCHLAP po železnici a silnici. Tyto metodiky představují různé přístupy k hodnocení rizik vzniku havárie za účasti nebezpečné chemické látky. Jednotlivé metodiky budou využity do fáze odhadu dosahu nežádoucích účinků a to vzhledem k tomu, že metodiky jsou využity pro hodnocení modelového úniku, který není umístěn v konkrétní lokalitě a není tudíž možné kalkulovat s veličinami jako jsou například hustota zalidnění. Tyto druhy výpočtů budou relevantní až pro konkrétní aplikaci zvolené metodiky což je mimo rámec této disertační práce.

5.2.1 Předpokládané scénáře pro hodnocení vybranými metodikami

Obecně budeme pro hodnocení dosahu nežádoucích účinků havárií pro tyto účely využívat tzv. konzervativní přístup což v praxi znamená, že budeme předpokládat nejhorší možné zřetězení událostí vedoucí k havárii. V rámci toho přístupu se tedy předpokládá únik veškerého množství přepravované NCHLAP.

Amoniak:

Pro hodnocení dosahu nežádoucích účinků případné havárie železniční nebo auto cisterny předpokládám následující scénář.

K úniku amoniaku může dojít po mechanickém poškození pláště cisterny nebo po nárůstu tlaku převáženého amoniaku nad mez pevnosti pláště cisterny. K mechanickému poškození pláště cisterny může dojít nárazem cisterny do cizího předmětu jako je svodidlo, strom, jiný dopravní prostředek nebo nárazem jiného předmětu do cisterny. K nárůstu tlaku nad mez pevnosti pláště cisterny může dojít následkem požáru v němž se může cisterna ocitnout. Toto zvýšení tlaku pak může vést v explozi typu BLEVE. Pro hodnocení vybranými metodikami budeme předpokládat nejpravděpodobnější scénář a to je mechanické porušení pláště přepravního zařízení a únik celého objemu přetrpovaného amoniaku do okolí. Jako

limit pro stanovení dosahu nežádoucích účinků předpokládáme dosah koncentrace LC_{50} 28,130 mg/m³ (40,300 ppm).

LPG:

Pro hodnocení dosahu nežádoucích účinků případné havárie železniční nebo auto cisterny předpokládám následující scénář.

K úniku LPG může dojít po mechanickém poškození pláště cisterny nebo po nárůstu tlaku převáženého LPG nad mez pevnosti pláště cisterny. K mechanickému poškození pláště cisterny může dojít nárazem cisterny do cizího předmětu jako je svodidlo, strom, jiný dopravní prostředek nebo nárazem jiného předmětu do cisterny. K nárůstu tlaku nad mez pevnosti pláště cisterny může dojít následkem požáru v němž se může cisterna ocitnout. Toto zvýšení tlaku pak může vést v explozi typu BLEVE. Exploze BLEVE bude doprovázena ohnivou koulí viz obrázek 11. Pro hodnocení vybranými metodikami budeme předpokládat nejpravděpodobnější scénář a to je mechanické porušení pláště přepravního zařízení a únik celého objemu přetrpovaného amoniaku do okolí.

Při úniku LPG z přepravního zařízení a vytvoření mraku hořlavých plynů dojde po jeho iniciaci k explozi typu VCE.

Benzin:

Pro hodnocení dosahu nežádoucích účinků případné havárie železniční nebo auto cisterny předpokládám následující scénář.

K úniku benzínu může dojít po mechanické poškození pláště cisterny masivním nárazem. K mechanickému poškození pláště cisterny může dojít nárazem cisterny do cizího předmětu jako je svodidlo, strom, jiný dopravní prostředek nebo nárazem jiného předmětu do cisterny.

Po úniku benzínu existuje několik možností vývoje havarijní události.

Ihned po úniku dojde k iniciaci par unikajícího benzínu s následným požárem typu pool fire s tím, že může dojít k masivnímu rozšíření požáru tečením hořícího benzínu.

Unikající benzin vytvoří louži na zpevněné ploše a bude se odpařovat za vytvoření mraku hořlavých par. Po iniciaci tohoto mraku lze předpokládat flash fire a při dostatečné době odparu kdy se odpaří alespoň 1 t benzínu může dojít až k explozi typu VCE.

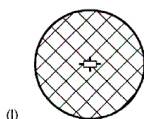
Pokud nedojde k iniciaci unikajícího benzínu jedná se o prostý únik s rizikem vážné kontaminace životního prostředí.

5.2.2 Hodnocení vybraných scénářů metodou IAEA TecDoc 727.

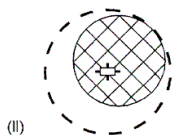
Metoda IAEA TecDoc 727 bude využita do fáze stanovení dosahu následků. Na základě znalosti hustoty zalidnění lze dle potupu uvedeného v tabulkách níže stanovit i ztráty na lidských životech. Pro modelové hodnocení použijeme hustotu zalidnění pro urbanizovanou oblast uvedenou v metodice IAEA TecDoc 727, která činí 160 osob na hektar. Pomocí tohoto údaje tak můžeme modelově stanovit následky případné havárie. Při konkrétní aplikaci metody na konkrétním území by pak měla být využita data o hustotě zalidnění konkrétní lokality.

Mechanismus hodnocení metodou IAEA TecDoc 727 je založen na typových scénářích pro jednotlivé typy NCHLAP, které jsou členěny dle nebezpečných vlastností a způsobu nakládání s nimi (např. skladování atmosférické, přeprava apod.). Na základě toho členění je pak stanovena tzv. typová havárie, u které v kombinaci s množstvím NCHLAP je možno stanovit kategorii následků. Tato kategorie charakterizuje dosah následků havárie a tvar zasažené oblasti, který může být dle typu NCHLAP kruhový, polokruhový nebo protáhlý. Tvar zasažené oblasti se mění na základě typu uniklé NCHLAP a tím typu scénáře havárie.

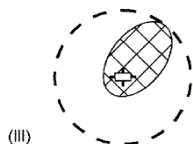
- Kruhový tvar zasažené oblasti vznikne při explozi par hořlavých NCHLAP nebo přímo výbušnin.



- Polokruhový tvar zasažené oblasti představuje scénář kdy dojde k úniku NCHLAP, jejímu odparu (případně uniknou přímo hořlavé páry nebo hořlavý plyn) a vzniknuvší mrak se posune od místa úniku a tam dojde k jeho iniciaci.



- Protáhlý tvar je typický pro toxické NCHLAP, které po úniku vytvoří vlivem povětrnostních podmínek protáhlý mrak.



Na základě dosahu následku havárie a tvaru zasažené oblasti lze pak stanovit zasaženou plochu a při znalosti hustoty zalidnění na této ploše i přepokládaný počet fatálních případů.

Zdroj: A1 - Amoniak auto doprava sud 500 kg				
Objem (m³)	--		Obsah (t):	0,5
Stanovení ztrát:				
Tabulka I:	Látka:	Amoniak	Typová havárie ref.č.:	31
	Rozmezí:	0,2 – 1 t	Kategorie následků:	B II
Tabulka II:	Max.dosah účinků (m):	50	Tvar zasažené oblasti:	polokruhový *
	Zasažená plocha A (ha):	0,4		
Tabulka III:	Hustota obyvateľstva v zasaženej oblasti δ:			160
Tabulka IV:	Korekčný faktor na distribúciu obyvateľstva pre tvar zasaženej oblasti f _A .			1
Tabulka V:	Zeslabujúci faktor pre dané referenčné číslo f _m .			0,1
Odhad ztrát:	A . δ . f _A f _m			6,4 ~ 6 osob

Zdroj: A2 - Amoniak prepravovaný v železniční cisterně				
Objem (m³)			Obsah (t):	60
Stanovení ztrát:				
Tabulka I:	Látka:	Amoniak bezvodý	Typová havárie ref.č.:	31
	Rozmezí:	50 – 200 t	Kategorie následků:	E III
Tabulka II:	Max.dosah účinků (m):	200 - 500	Tvar zasažené oblasti:	protáhlý
	Zasažená plocha A (ha):	8		
Tabulka III:	Hustota obyvatelstva v zasažené oblasti δ:			160
Tabulka IV:	Korekční faktor na distribuci obyvatelstva pro tvar zasažené oblasti f _A .			1
Tabulka V:	Zeslabující faktor pro dané referenční číslo f _m .			0,1
Odhad ztrát:	A . δ . f _A f _m			128

Zdroj: B1 - LPG přepravovaný v auto cisterně				
Objem (m³)			Obsah (t):	15
Stanovení ztrát:				
Tabulka I:	Látka:	LPG	Typová havárie ref.č.:	7
	Rozmezí:	10 - 50 t	Kategorie následků:	C I
Tabulka II:	Max.dosah účinků (m):	50 - 100	Tvar zasažené oblasti:	kruhový
	Zasažená plocha A (ha):	3		
Tabulka III:	Hustota obyvatelstva v zasažené oblasti δ:			160
Tabulka IV:	Korekční faktor na distribuci obyvatelstva pro tvar zasažené oblasti f _A .			1
Tabulka V:	Zeslabující faktor pro dané referenční číslo f _m .			1
Odhad ztrát:	A . δ . f _A f _m			480

Zdroj: B2 - LPG přepravovaný v železniční cisterně				
Objem (m³)			Obsah (t):	35
<u>Stanovení ztrát:</u>				
Tabulka I:	Látka:	LPG	Typová havárie ref.č.:	7
	Rozmezí:	10 - 50 t	Kategorie následků:	C I
Tabulka II:	Max.dosah účinků (m):	50 - 100	Tvar zasažené oblasti:	kruhový
	Zasažená plocha A (ha):	3		
Tabulka III:	Hustota obyvatelstva v zasažené oblasti δ:			160
Tabulka IV:	Korekční faktor na distribuci obyvatelstva pro tvar zasažené oblasti f _A .			1
Tabulka V:	Zeslabující faktor pro dané referenční číslo f _m .			1
Odhad ztrát:	A . δ . f _A f _m			480

Zdroj: C1 - benzin přepravovaný v auto cisterně				
Objem (m³)			Obsah (t):	22,5
<u>Stanovení ztrát:</u>				
Tabulka I:	Látka:	benzin	Typová havárie ref.č.:	6
	Rozmezí:	10 - 50 t	Kategorie následků:	B II
Tabulka II:	Max.dosah účinků (m):	25 – 50	Tvar zasažené oblasti:	polokruhový
	Zasažená plocha A (ha):	0,4		
Tabulka III:	Hustota obyvatelstva v zasažené oblasti δ:			160
Tabulka IV:	Korekční faktor na distribuci obyvatelstva pro tvar zasažené oblasti f _A .			1
Tabulka V:	Zeslabující faktor pro dané referenční číslo f _m .			1
Odhad ztrát:	A . δ . f _A f _m			64

Zdroj: C1 - benzin přepravovaný v železniční cisterně				
Objem (m³)			Obsah (t):	60
Stanovení ztrát:				
Tabulka I:	Látka:	benzin	Typová havárie ref.č.:	6
	Rozmezí:	50 - 200 t	Kategorie následků:	C II
Tabulka II:	Max.dosah účinků (m):	50 - 100	Tvar zasažené oblasti:	polokruhový
	Zasažená plocha A (ha):	1,5		
Tabulka III:	Hustota obyvatelstva v zasažené oblasti δ:			160
Tabulka IV:	Korekční faktor na distribuci obyvatelstva pro tvar zasažené oblasti f _A .			1
Tabulka V:	Zeslabující faktor pro dané referenční číslo f _m .			1
Odhad ztrát:	A . δ . f _A f _m			240

5.2.3 Hodnocení vybraných scénářů metodami DOW Index

Scénář úniku amoniaku při přepravě lze hodnotit metodou Dow Chemical Exposure Index.

Scénáře havárie s účastí LPG a benzínu lze pak hodnotit metodou Dow Fire and Explosion Index.

Pro výpočet pomocí Dow Chemical Exposure Index je použit zjednodušující předpoklad, že amoniak unikne jako plyn do ovzduší a to celá přepravovaná hmotnost během 10 minut.

Výpočet je proveden dle rovnice:

rovnice 1: rovnice k výpočtu nebezpečné vzdálenosti k úrovni limitní koncentrace ERPG - 2

$$HD = 6551 \cdot \sqrt{\frac{AQ}{ERPG - 2}} \text{ kde}$$

HD – vzdálenost dosahu následků

AQ – rychlost přechodu látky do ovzduší (kg/s)

ERPG 2 – limitní koncentrace (mg/m³)

Amoniak přepravovaný autodopravou v sudu o hmotnosti 500 kg.

Jako zjednodušující předpoklad uvádíme, že se veškerý uniklý amoniak dostane do ovzduší jako plyn do 10 minut.

$$HD = 6551 \cdot \sqrt{\frac{AQ}{ERPG - 2}} = \sqrt{\frac{0,89}{139}} = 507m$$

Amoniak přepravovaný v železniční cisterně 60 t.

Jako zjednodušující předpoklad uvádíme, že se veškerý uniklý amoniak dostane do ovzduší jako plyn během 10 minut.

HD – vzdálenost dosahu následků

AQ – rychlost přechodu látky do ovzduší (kg/s)

ERPG 2 – limitní koncentrace (mg/m^3)

$$HD = 6551 \cdot \sqrt{\frac{AQ}{ERPG - 2}} = \sqrt{\frac{100}{139}} = 5556m$$

Metoda Dow Fire and Explosion Index je indexová metoda, která hodnotí pevně, metodou stanovené parametry NCHLAP a zařízení v němž se NCHLAP nachází viz tabulky níže. Na základě pravidel stanovených metodikou jsou jednotlivým parametrům přiřazovány indexy. Výsledný index je kombinací faktorů nebezpečnosti NCHLAP, bezpečnosti zařízení, ve kterém se daná látka nachází a množství NCHLAP. Výsledný index pak lze přepočtovým mechanismem uvedeným v metodice převést na veličinu definující dosah následků případné havárie.

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - Dow's FIRE & EXPLOSION INDEX

Podnik Převravnice NCHLAP	Sklad	Zásobník (objekt) č. B 1- Auto cisterna	Datum		
Zpracoval Ing. Tomáš Tragan	Schválil		Kontroloval		
Látka v procesní jednotce LPG			$N_H = 1$	$N_F = 4$	$N_R = 0$
Provozní stav Provoz		Název uvažované substance Propan Butan			
MATERIÁLOVÝ FAKTOR MF					21
1. Obecná procesní nebezpečí			Rozsah přírážky		Použitá přírážka
Základní hodnota faktoru			1,00		1,00
A. Exotermické chemické reakce			od 0,30 do 1,25		0,00
B. Endotermické procesy			od 0,20 do 0,40		0,00
C. Manipulace a přeprava látek			od 0,25 do 1,05		0,50
D. Umístění jednotky v uzavřených nebo vnitřních			od 0,25 do 0,90		0,00
E. Přístupnost k jednotce			od 0,20 do 0,35		0,00
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení m ³			od 0,25 do 0,50		0,50
Faktor obecných nebezpečí (F1)					2,00
2. Speciální procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru			1,00		1,00
A. Toxické látky			od 0,20 do 0,80		0,20
B. Podtlak (< 500 mm Hg)			0,50		0,00
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezí hořlavosti					
1. Skladovací nádrže (úložiště, zásobníková pole) hořlavých kapalin			0,50		0,00
2. Neustálený proces nebo porucha inertizace (porucha přístrojů)			0,30		0,00
3. Provoz trvale v rozsahu hořlavosti			0,80		0,80
D. Exploze prachu			od 0,25 do 2,00		0,00
E. Přetlak					0,00
F. Nízká teplota			od 0,20 do 0,30		0,00
G. Množství hořlavé/nestabilní látky množství 15000 kg					
1. Kapaliny nebo plyny v procesu					0,00
2. Kapaliny nebo plyny v zásobníku					0,41
3. Zápalné pevné látky ve skladu, prach v procesu					0,00
H. Vliv koroze a eroze			od 0,10 do 0,75		0,10
I. Netěsnosti spojů a ucpávek			od 0,10 do 1,50		0,10
J. Zařízení s otevřeným ohněm					0,00
K. Tepelné výměníky s horkým olejem			od 0,15 do 1,15		0,00
L. Rotační zařízení			0,50		0,00
Faktor speciálních nebezpečí (F₂)					2,61
Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F₁ * F₂) = F₃					5,22
Index požáru a výbuchu (F₃ * MF = F&EI)					109,5
Vzdálenost ohrožení					28,0 m

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - Dow's FIRE & EXPLOSION INDEX

Podnik Převravnice NCHLAP	Sklad	Zásobník (objekt) č. B2 - Železniční cisterna	Datum		
Zpracoval Ing. Tomáš Tragan	Schválil		Kontroloval		
Látka v procesní jednotce LPG			$N_H = 1$	$N_F = 4$	$N_R = 0$
Provozní stav Provoz		Název uvažované substance Propan Butan			
MATERIÁLOVÝ FAKTOR MF					21
1. Obecná procesní nebezpečí			Rozsah přírážky		Použitá přírážka
Základní hodnota faktoru			1,00		1,00
A. Exotermické chemické reakce			od 0,30 do 1,25		0,00
B. Endotermické procesy			od 0,20 do 0,40		0,00
C. Manipulace a přeprava látek			od 0,25 do 1,05		0,50
D. Umístění jednotky v uzavřených nebo vnitřních			od 0,25 do 0,90		0,00
E. Přístupnost k jednotce			od 0,20 do 0,35		0,00
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení m ³			od 0,25 do 0,50		0,50
Faktor obecných nebezpečí (F1)					2,00
2. Speciální procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru			1,00		1,00
A. Toxické látky			od 0,20 do 0,80		0,20
B. Podtlak (< 500 mm Hg)			0,50		0,00
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezí hořlavosti					
1. Skladovací nádrže (úložiště, zásobníková pole) hořlavých kapalin			0,50		0,00
2. Neustálený proces nebo porucha inertizace (porucha přístrojů)			0,30		0,00
3. Provoz trvale v rozsahu hořlavosti			0,80		0,80
D. Exploze prachu			od 0,25 do 2,00		0,00
E. Přetlak					0,00
F. Nízká teplota			od 0,20 do 0,30		0,00
G. Množství hořlavé/nestabilní látky množství 34000 kg					
1. Kapaliny nebo plyny v procesu					0,00
2. Kapaliny nebo plyny v zásobníku					0,60
3. Zápalné pevné látky ve skladu, prach v procesu					0,00
H. Vliv koroze a eroze			od 0,10 do 0,75		0,10
I. Netěsnosti spojů a ucpávek			od 0,10 do 1,50		0,10
J. Zařízení s otevřeným ohněm					0,00
K. Tepelné výměníky s horkým olejem			od 0,15 do 1,15		0,00
L. Rotační zařízení			0,50		0,00
Faktor speciálních nebezpečí (F₂)					2,80
Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F₁ * F₂) = F₃					5,60
Index požáru a výbuchu (F₃ * MF = F&EI)					117,7
Vzdálenost ohrožení					30,1 m

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - Dow's FIRE & EXPLOSION INDEX

Podnik Převravnice NCHLAP	Sklad	Zásobník (objekt) č. C1 - Auto cisterna	Datum		
Zpracoval Ing. Tomáš Tragan	Schválil		Kontroloval		
Látka v procesní jednotce BENZÍN			$N_H = 1$	$N_F = 3$	$N_R = 0$
Provozní stav PROVOZ		Název uvažované substance BA-95N			
MATERIÁLOVÝ FAKTOR MF					16
1. Obecná procesní nebezpečí			Rozsah přírážky		Použitá přírážka
Základní hodnota faktoru			1,00		1,00
A. Exotermické chemické reakce			od 0,30 do 1,25		0,00
B. Endotermické procesy			od 0,20 do 0,40		0,00
C. Manipulace a přeprava látek			od 0,25 do 1,05		0,00
D. Umístění jednotky v uzavřených nebo vnitřních			od 0,25 do 0,90		0,00
E. Přístupnost k jednotce			od 0,20 do 0,35		0,00
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení m ³			od 0,25 do 0,50		0,50
Faktor obecných nebezpečí (F1)					1,50
2. Speciální procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru			1,00		1,00
A. Toxické látky			od 0,20 do 0,80		0,20
B. Podtlak (< 500 mm Hg)			0,50		0,00
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezí hořlavosti					
1. Skladovací nádrže (úložiště, zásobníková pole) hořlavých kapalin			0,50		0,50
2. Neustálený proces nebo porucha inertizace (porucha přístrojů)			0,30		0,00
3. Provoz trvale v rozsahu hořlavosti			0,80		0,00
D. Exploze prachu			od 0,25 do 2,00		0,00
E. Přetlak					0,00
F. Nízká teplota			od 0,20 do 0,30		0,00
G. Množství hořlavé/nestabilní látky množství 22500 kg					
1. Kapaliny nebo plyny v procesu					0,00
2. Kapaliny nebo plyny v zásobníku					0,39
3. Zápalné pevné látky ve skladu, prach v procesu					0,00
H. Vliv koroze a eroze			od 0,10 do 0,75		0,10
I. Netěsnosti spojů a ucpávek			od 0,10 do 1,50		0,10
J. Zařízení s otevřeným ohněm					0,00
K. Tepelné výměníky s horkým olejem			od 0,15 do 1,15		0,00
L. Rotační zařízení			0,50		0,00
Faktor speciálních nebezpečí (F₂)					2,29
Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F₁ * F₂) = F₃					3,43
Index požáru a výbuchu (F₃ * MF = F&EI)					54,9
Vzdálenost ohrožení					14,0 m

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - Dow's FIRE & EXPLOSION INDEX

Podnik Převravnice NCHLAP	Sklad	Zásobník (objekt) č. C 2 - Železniční cisterna	Datum		
Zpracoval Ing. Tomáš Tragan	Schválil		Kontroloval		
Látka v procesní jednotce BENZÍN			$N_H = 1$	$N_F = 3$	$N_R = 0$
Provozní stav PROVOZ		Název uvažované substance BA-95N			
MATERIÁLOVÝ FAKTOR MF					16
1. Obecná procesní nebezpečí			Rozsah přírážky	Použitá přírážka	
Základní hodnota faktoru			1,00	1,00	
A. Exotermické chemické reakce			od 0,30 do 1,25	0,00	
B. Endotermické procesy			od 0,20 do 0,40	0,00	
C. Manipulace a přeprava látek			od 0,25 do 1,05	0,00	
D. Umístění jednotky v uzavřených nebo vnitřních			od 0,25 do 0,90	0,00	
E. Přístupnost k jednotce			od 0,20 do 0,35	0,00	
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení m ³			od 0,25 do 0,50	0,50	
Faktor obecných nebezpečí (F1)					1,50
2. Speciální procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru			1,00	1,00	
A. Toxické látky			od 0,20 do 0,80	0,20	
B. Podtlak (< 500 mm Hg)			0,50	0,00	
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezí hořlavosti					
1. Skladovací nádrže (úložiště, zásobníková pole) hořlavých kapalin			0,50	0,50	
2. Neustálený proces nebo porucha inertizace (porucha přístrojů)			0,30	0,00	
3. Provoz trvale v rozsahu hořlavosti			0,80	0,00	
D. Exploze prachu			od 0,25 do 2,00	0,00	
E. Přetlak				0,00	
F. Nízká teplota			od 0,20 do 0,30	0,00	
G. Množství hořlavé/nestabilní látky množství 60000 kg					
1. Kapaliny nebo plyny v procesu				0,00	
2. Kapaliny nebo plyny v zásobníku				0,55	
3. Zápalné pevné látky ve skladu, prach v procesu				0,00	
H. Vliv koroze a eroze			od 0,10 do 0,75	0,10	
I. Netěsnosti spojů a ucpávek			od 0,10 do 1,50	0,10	
J. Zařízení s otevřeným ohněm				0,00	
K. Tepelné výměníky s horkým olejem			od 0,15 do 1,15	0,00	
L. Rotační zařízení			0,50	0,00	
Faktor speciálních nebezpečí (F₂)					2,45
Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F₁ * F₂) = F₃					3,67
Index požáru a výbuchu (F₃ * MF = F&EI)					58,8
Vzdálenost ohrožení					15,0 m

5.2.4 Hodnocení vybraných scénářů metodou US EPA RMP Guide

Metoda US EPA RMP Guide pracuje na principu definovaných nejhorších možných scénářů, které jsou charakterizovány pro jednotlivé nebezpečné vlastnosti NCHLAP. Pro tyto scénáře jsou pak v metodice uvedeny hodnotící tabulky viz níže, které definují použité předpoklady a empirické vzorce pomocí nichž lze stanovit dosahy následků případných havárií.

Tabulka pro ohodnocení nejhoršího možného scénáře pro toxické plyny		
Zdroj:	A 1 – Auto doprava Amoniaku	
Výběr scénáře (definován dle pravidel v metodice jako největší únik dané NCHLAP za 10 minut)		Odkaz na metodiku
Identifikace toxického plynu	Název: Amoniak CAS: 7664–41-7	Kapitola 2, sekce 3.1
Určení největšího uniklého množství z nádrže nebo potrubí	Množství (kg): 500	
Identifikace meteorologických podmínek pro nejhorší scénář	Atmosférická stabilita: F Rychlost větru: 1,5 m/s Okolní teplota: 25°C Relativní vlhkost: 50%	
Určení velikosti úniku		
Odhad uniklého množství (množství/10 minut)	Rychlost úniku (kg/min): 50	Sekce 3.1.1.
Určení vzdálenosti k limitní koncentraci		
Určení limitní koncentrace	Limitní koncentrace (mg/l):	Tabulka B-1
Určení hustoty plynu:	Těžký: ANO (vzhledem k nízké teplotě při úniku). Neutrální:	Tabulka B-1
Určení topografie oblasti	Otevřená: ANO Urbanizovaná:	
Určení referenční tabulky k odhadu vzdáleností:	Číslo referenční tabulky: 9	Kapitola 4, referenční tabulky 1-12
Určení vzdálenosti v referenční tabulce	Velikost úniku/ limitní koncentrace: ERPG 2 – 0,14 mg/l (200 ppm) Vzdálenost k limitní koncentraci (km): 0,97	Kapitola 4, referenční tabulky 1-12

Tabulka pro ohodnocení nejhoršího možného scénáře pro toxické plyny		
Zdroj:	A 2 – Železniční cisterna s Amoniakem	
Výběr scénáře (definován dle pravidel v metodice jako největší únik dané NCHLAP za 10 minut)		Odkaz na metodiku
Identifikace toxického plynu	Název: Amoniak CAS: 7664-41-7	Kapitola 2, sekce 3.1
Určení největšího uniklého množství z nádrže nebo potrubí	Množství (kg): 60 000	
Identifikace meteorologických podmínek pro nejhorší scénář	Atmosférická stabilita: F Rychlost větru: 1,5 m/s Okolní teplota: 25°C Relativní vlhkost: 50%	
Určení velikosti úniku		
Odhad uniklého množství (množství/10 minut)	Rychlost úniku (kg/min): 6 000	Sekce 3.1.1.
Určení vzdálenosti k limitní koncentraci		
Určení limitní koncentrace	Limitní koncentrace (mg/l): 0,14	Tabulka B-1
Určení hustoty plynu:	Těžký: ANO (vzhledem k nízké teplotě při úniku). Neutrální:	Tabulka B-1
Určení topografie oblasti	Otevřená: ANO Urbanizovaná:	Sekce 2.1
Určení referenční tabulky k odhadu vzdáleností:	Číslo referenční tabulky: 9	Kapitola 4, referenční tabulky 1-12
Určení vzdálenosti v referenční tabulce	Velikost úniku/ limitní koncentrace: ERPG 2 – 0,14 mg/l (200 ppm) Vzdálenost k limitní koncentraci (km): 11	Kapitola 4, referenční tabulky 1-12

Tabulka pro ohodnocení nejhoršího možného scénáře pro hořlavé látky		
Zdroj:	B 1 – Auto cisterna s LPG	
Výběr scénáře (definován jako exploze typu VCE největšího uniklého množství)		Odkaz na metodiku
Identifikace hořlavé látky	Název: LPG CAS:--	Kapitola 2, sekce 3.1
Určení největšího uniklého množství z nádrže nebo potrubí	Množství (kg): 15 000	
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu (stanoven jako přetlak 1 psi způsobený explozí stanovený pomocí TNT modelu.)		
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu	Vzdálenost (km): 0,482	Kapitola 5, referenční tabulka 13

Tabulka pro ohodnocení nejhoršího možného scénáře pro hořlavé látky		
Zdroj:	B 2 – Auto cisterna s LPG	
Výběr scénáře (definován jako exploze typu VCE největšího uniklého množství)		Odkaz na metodiku
Identifikace hořlavé látky	Název: LPG CAS: ---	Kapitola 2, sekce 3.1
Určení největšího uniklého množství z nádrže nebo potrubí	Množství (kg): 34 000	
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu (stanoven jako přetlak 1 psi způsobený explozí stanovený pomocí TNT modelu.)		
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu	Vzdálenost (km): 0,640	Kapitola 5, referenční tabulka 13

Tabulka pro ohodnocení nejhoršího možného scénáře pro hořlavé látky		
Zdroj:	C 1 – Auto cisterna s benzinem	
Výběr scénáře (definován jako exploze typu VCE největšího uniklého množství)		Odkaz na metodiku
Identifikace hořlavé látky	Název: benzin CAS: ---	Kapitola 2, sekce 3.1
Určení největšího uniklého množství z nádrže nebo potrubí	Množství (kg): 22 500	
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu (stanoven jako přetlak 1 psi způsobený explozí stanovený pomocí TNT modelu.)		
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu dle tabulky	Vzdálenost (km): nelze stanovit	Kapitola 5, referenční tabulka 13
Alternativně určení vzdálenosti k limitnímu bodu pomocí empirických rovnic (rovnice 2):	Spalné teplo: 4 600 kJ/kg Vzdálenost k limitnímu bodu: 221 m	Kapitola 5, příloha C.1, příloha C.2, tabulka C-1

Tabulka pro ohodnocení nejhoršího možného scénáře pro hořlavé látky		
Zdroj:	C 2 – Železniční cisterna s benzinem	
Výběr scénáře (definován jako exploze typu VCE největšího uniklého množství)		Odkaz na metodiku
Identifikace hořlavé látky	Název: benzin CAS:	Kapitola 2, sekce 3.1
Určení největšího uniklého množství z nádrže nebo potrubí	Množství (kg): 60 000	
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu (stanoven jako přetlak 1 psi způsobený explozí stanovený pomocí TNT modelu.)		
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu dle tabulky	Vzdálenost (km):	Kapitola 5, referenční tabulka 13
Alternativně určení vzdálenosti k limitnímu bodu pomocí empirických rovnic (rovnice 7):	Spalné teplo: 4 600 kJ/kg Vzdálenost k limitnímu bodu: 307 m	Kapitola 5, příloha C.1, příloha C.2, tabulka C-1

5.3 Diskuse nad výsledky použití vybraných metod analýzy rizik pro typové NCHLAP

tabulka 4: Souhrnná tabulka výsledků hodnocení jednotlivými metodami

Metoda	IAEA TecDoc 727						Dow Index						US EPA RMP					
Označení zdroje	A1	A2	B1	B2	C1	C2	A1	A2	B1	B2	C1	C2	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Limitní faktor	LC ₅₀	LC ₅₀																
Dosah následků (m)	50	500	100	100	50	100	507	5556	28	30	14	15	970	11000	482	640	221	307

Z tabulky 4 vyplývají poměrně dramatické rozdíly ve vypočtených dosazích, které jsou v některých případech až řádové. Tyto rozdíly vyplývají z rozdílné filozofie jednotlivých metod a především pak z různých úrovní limitních faktorů. Rozdíl ve filozofii metod spočívá především v tom, že metoda TecDoc 727 vychází ze zkušeností s jednotlivými hodnocenými scénáři z předchozích havárií. Metody Dow Index a US EPA RMP hodnotí dosahy následků pomocí empirických vzorců. Jak již bylo řečeno nejzásadněji ovlivňuje výsledek fakt, že jednotlivé metody počítají dosahy pro různé limitní faktory. Zatímco metoda IAEA TecDoc 727 počítá pro toxické látky (A1, A2) limitní faktor LC₅₀ tak metody Dow Index a US EPA RMP počítají pro toxický rozptyl s limitem ERPG 2, který představuje řádově nižší koncentraci NCHLAP. U amoniaku je konkrétně hodnota LC₅₀ 7338 mg/kg a hodnota ERPG2 150 mg/kg.

U látek hořlavých, tedy LPG a benzínu počítá metoda IAEA TecDoc s hodnotou , která způsobí 100 % úmrtnost v zasaženém prostoru a nebere v potaz přímo tepelný tok. Stejně tak pro exploze, které se u hořlavých látek považují za nejhorší možné scénáře nebere metoda IAEA TecDoc v potaz přetlak způsobený explozí, ale uvažuje pouze ze 100 % úmrtností v prostoru daném odhadnutou vzdáleností pro ten který scénář.

Metoda Dow Index pak rovněž přímo neuvádí hodnoty limitních faktorů, které definují hranici dosahu havárie. Metoda je však u hořlavých látek konstruována především pro odhad následků na majetek.

Metoda US EPA RMP počítá pro toxický rozptyl s hodnotou limitního faktoru na úrovni ERPG2. Tato hodnota je tedy řádově nižší než hodnota LC_{50} , se kterou počítá metoda IAEA TecDoc 727 a tím je také ze značné části dán i rozdíl v dosazích následků. Jak je uvedeno v tabulce 3 je hodnota ERPG2 určena jako limitní faktor pro cílový systém zdraví životy obyvatel kdežto pro poškození ŽP se počítá s limitním faktorem na úrovni LC_{50} . Aby bylo dosaženo dostatečné univerzálnosti metody US EPA RMP je nutné dosah následků koncentrace LC_{50} stanovit pomocí rozptylového modelu ALOHA 5.4.1 [25], viz kapitola 5.5.2. Pro hořlavé látky počítá metoda US EPA RMP s nejhorším scénářem v podobě exploze typu VCE a tedy přetlakem 1 psi (0,06 bar). Tato hodnota limitního faktoru je stanovena pro cílový systém zdraví a životy obyvatel, majetek i životní prostředí.

5.4 Vyhodnocení využitelnosti vybraných metod analýzy rizik

Metodiky k porovnání využitelnosti byly vybrány z celé řady metod analýzy rizik díky své relativní jednoduchosti, komplexnosti a také díky tomu, že jsou uznávanými metodami analýzy rizik stacionárních zařízení.

Vybrané metody byly nesčetněkrát využity k analýze rizik stacionárních zařízení a to především v souvislosti se zákonem o prevenci závažných havárií [16].

Metodami bylo proveden odhad dosahu případných havárií třech nebezpečných chemických látek, které představují jedny z nepřetravovanějších NCHALP a zároveň prezentují různé chemické, fyzikální vlastnosti a nebezpečné vlastnosti. Tento výběr byl proveden aby byla prokázána univerzálnost vybrané metodiky a její aplikovatelnost na často přepravované NCHALP.

Hodnocení pro každou z NCHLAP bylo provedeno vždy pro dva nejčastěji využívané typy přepravy NCHLAP a to přepravu automobilovou a železniční. Toto bylo opět provedeno pro prokázání univerzálnost vybrané metodiky.

5.4.1 IAEA TecDoc 727

Výhody metodiky:

- Obsahuje přímo postupy pro odhad dosahů nežádoucích účinků pro jednotlivé druhy dopravy NCHLAP.
- Obsahuje navíc postup pro hrubý odhad pravděpodobnosti vzniku nežádoucí události.
- Metodika je jednoduchá a přehledná
- Metodika využívá snadno dostupná data

Nevýhody metodiky:

- Metodikou lze pracovat pouze s jedním typem limitních hodnot (pro explozi a požár se počítá se 100% úmrtností a pro toxické úniky se počítá s limitní koncentrací LC_{50}).
- V metodice je přímo uvedeno, že je využitelná pouze pro relativní hodnocení větších územních celků a nelze ji využít pro hodnocení individuálních zařízení a jako podporu pro řízení rizik. Metodiku dále nelze využít pro plánování přepravních tras NCHLAP a pro vypracování havarijních plánů.

Metoda IAEA TecDoc 727 obsahuje potřebné postupy pro hodnocení přepravy NCHLAP. Hodnocení v metodice je založeno na základě empirických zkušeností s provozem a haváriemi hodnocených zařízení v minulosti.

V metodice je však uvedeno, že výsledky nemohou být použity pro hodnocení individuálních zařízení a k tvorbě havarijních plánů. Vzhledem k tomu, že by vybraná metodika měla sloužit

k hodnocení jak individuálních zařízení, tak také by její výsledky měly být využitelné k tvorbě havarijních plánů a systému řízení rizik jeví se tato metoda jako nevhodná.

5.4.2 DOW Indexy

Výhody metodiky:

- Jedná se o metodiky všeobecně uznávané a používané v chemickém průmyslu.
- Metodiky používají obsahují poměrně hodně zdrojových dat, které jsou nutné pro samotný výpočet

Nevýhody metodiky:

- Pro hořlavé a toxické látky je nutné užít vždy jinou z metodik, přičemž každá z nich vyžaduje jiné postupy a jiná zdrojová data.
- Metodiky využívají poměrně složitě získatelná data
- Dow Fire nad Explosion Index je určen pro hodnocení následků havárií pouze pro majetek a zařízení.
- Dow Chemical Index je schopen hodnotit dosahy nežádoucích účinků pouze dle limitních koncentrací ERPG 1 –3, které popisují spíše zraňující, než smrtelné účinky.

Metody Dow index jsou uznávanými metodikami hodnocení rizik, které samy o sobě obsahují řadu zdrojových dat, které jsou nutné pro provedení analýzy rizik. Pro toxické látky a látky hořlavé je však nutné využít vždy jinou z metod Dow což značně zvyšuje složitost provedení výpočtu.

Limitujícím faktorem pro využití metodiky je však skutečnost, že Dow Fire and Explosion Index je primárně určen pro hodnocení následků havárií na majetku a zařízeních. Takto stanovené dosahy jsou tak nevhodné pro stanovení rizika havárie s dopadem na zdraví a životy lidí a životní prostředí což by mělo být jedním z výstupů konkrétního využití vybrané

metodiky. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem se metody jeví jako nevhodné k využití pro hodnocení rizik přepravy NCHALP.

5.4.3 US EPA RMP

Výhody metodiky:

- Metodika obsahuje jednoduchý tabulkový systém pro konstrukci nejhorších možných scénářů i scénářů alternativních.
- Pro hodnocení jednotlivých scénářů je možné využít jak poměrně jednoduchého tabulkového hodnocení, tak také sady empirických rovni pro složitější nebo atypické případy.
- Metodika obsahuje poměrně značné množství zdrojových dat nutných k dovedení hodnocení.
- Metodika je standardní a ve světě využívána.
- Metodika je zdarma přístupná na stránkách organizace EPA.
- Na výstupy z metody lze navázat rozptylovým modelem ALOHA 5.4.1., který je založen na stejných principech jako metoda US EPA RMP a je schopen modelovat jak toxické rozptyly, tak stanovit dosahy účinků explozí a požárů.

Nevýhody metodiky:

- Metodika využívá v mnohých případech, například u tabulkového hodnocení britských jednotek což přináší nutnost přepočtů a převodů.

Metoda skýtá možnost poměrně jednoduché aplikace pomocí tabulek, kde jsou již provedeny odhady pro jednotlivá množství NCHALP účastníci se havárie za určitých podmínek. Stejně tak metoda skýtá možnost hodnotit nejen nejhorší možné scénáře, ale i scénáře alternativní.

Pokud není možné danou látku zařadit do jednoduchého tabulkového hodnocení, nabízí metoda empirické rovnice pomocí nichž lze stanovit dosah účinků nežádoucí události pro každý identifikovaný scénář a každou NCHALP. Metoda tak v podstatě nemá v této oblasti

omezení. Metoda je předem určena k hodnocení následků nežádoucích událostí bez rozlišení zda se jedná o stacionární zařízení nebo přepravní jednotku.

Nevýhody metodiky jsou především v tom, že jsou často u některých výpočtů využívány britské jednotky a to především u tabulkových hodnocení. Tuto nevýhodu však lze překonat jednoduchým matematickým přepočtem na jednotky SI. Po přeložení metodiky do českého jazyka by byla odbourána i případná jazyková bariéra, která je však v dnešních dnech problémem spíše teoretickým.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je tato metodika vhodná pro využití a konkrétním aplikacím při hodnocení rizik přepravy NCHLAP.

5.4.4 Shrnutí vyhodnocení

Na základě testování použitelnosti jednotlivých metod analýzy rizik na modelových NCHLAP reprezentujících látky nejčastěji přepravované a také látky s různými chemickými, fyzikálními a nebezpečnými vlastnostmi doporučuji k dalšímu využití metodiku RMP EPA Guidance: Environmental Protection and Emergency Response, Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (1999): RMP Series Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis. 550-B-99-009.

Tato metoda skýtá možnosti jak jednoduchého tabulkového hodnocení dosahů případných havárií u vybraných scénářů, tak také stanovení těchto dosahů pomocí empirických rovnic obsažených v metodice. Metoda je dostatečně univerzální bez ohledu na to zda se jedná o stacionární zařízení nebo přepravní jednotku.

5.5 Stanovení postupu a podmínek využitelnosti vybrané metodiky

5.5.1 Definice nejhoršího možného scénáře

Jako nejhorší možný scénář předpokládá metodika únik veškerého přepravovaného množství NCHLAP do okolí. V případě, že je přepravováno více menších obalů, například

sudy, počítá se s únikem obsahu největšího z nich. Pro rozptyl látek je uvažováno třída stability atmosféry F (stabilní zvrstvení) a rychlost větru 1,5 m/s. Je uvažováno s okolní teplotou 25°C.

Dle umístění místa úniku kalkuluje metodika se dvěma typy okolí:

- Otevřená krajina – plochá krajina bez kopcovitých útvarů, staveb nebo zalesnění nebo s jejich minimálním počtem
- Urbanizovaná krajina – krajina kopcovitá, uzavřená se zalesněním nebo stavbami, které brání rozptylu látek uniklých do ovzduší.

Metodika US EPA RMP pracuje s nejhoršími možnými scénáři pro:

- Toxické plyny
- Toxické kapaliny
- Hořlavé látky

Toxické plyny:

Mezi toxické plyny patří všechny NCHLAP, které jsou za normální teploty a tlaku v plynném skupenství mimo plyny zkapalněné zchlazením za atmosférického tlaku, které uniknou do ohraničené oblasti (například jímky).

Za nejhorší možný scénář považuje metodika únik veškerého množství obsaženého v přepravní jednotce nebo největším obalu během 10 minut.

Nelze předpokládat, že by během havárie při přepravě NCHALP došlo k úniku plynů zkapalněných pouhým zchlazením do ohraničených oblastí (jímk) a proto zde nebudeme tuto alternativu rozebírat.

Toxické kapaliny:

Pro toxické kapaliny uvažujeme jako nejhorší možný scénář únik celého přepravovaného množství nebo únik množství z největšího přepravovaného obalu. Metodika přepokládá únik na plochou nenasákavou plochu. U přepravy nebudeme uvažovat únik NCHLAP na

ohraničenou plochu.. Jako minimální teplotu předpokládá metodika nejvyšší okolní teplotu zaznamenanou během posledních třech let. Přenos látky do ovzduší je uvažován jako odpar z výše definované kaluže.

Hořlavé látky:

Pro všechny hořlavé látky je nutné jako nejhorší možný scénář počítat explozi typu VCE již se bude účastnit celé uniklé množství hořlavé látky, čili veškeré přepravované množství nebo množství.

5.5.2 Postup stanovení dosahu nežádoucích účinku

Metoda obsahuje postupy pro stanovení dosahů nejen pro výše uvedené nejhorší možné scénáře, ale i pro scénáře alternativní, kterými mohou být například u hořlavých kapalin hoření louže (pool fire), prohoření mraku hořlavých par (flash fire).

Pro kontaminaci životního prostředí má význam i skutečnost, že lze vypočítat velikost vytvořené louže v závislosti na parametrech unikající látky a velikosti úniku. Existuje zde však omezující předpoklad, kdy tato velikost louže je stanovena pouze pro nenasákavé, rovné plochy.

Níže jsou uvedeny postupy pro stanovení dosahů nejhorších možných scénářů uvedených v kapitole 5.4.1.

Stanovení dosahu nežádoucích účinků pro toxické plyny:

Tabulka pro ohodnocení nejhoršího možného scénáře pro toxické plyny		
Zdroj:		
Výběr scénáře (definován dle pravidel v metodice jako největší únik dané NCHLAP za 10 minut)		Odkaz na metodiku RMP
Identifikace toxického plynu	Název: CAS:	Kapitola 2, sekce 3.1
Určení největšího uniklého množství z nádrže nebo potrubí	Množství (kg):	
Identifikace meteorologických podmínek pro nejhorší scénář	Atmosférická stabilita: Rychlost větru: Okolní teplota: Relativní vlhkost:	
Určení velikosti úniku		
Odhad uniklého množství (množství/10 minut)	Rychlost úniku (kg/min):	Sekce 3.1.1.
Určení vzdálenosti k limitní koncentraci		
Určení limitní koncentrace	Limitní koncentrace (mg/l):	Tabulka B-1
Určení hustoty plynu:	Těžký: Neutrální:	Tabulka B-1
Určení topografie oblasti	Otevřená:	Sekce 2.1

	Urbanizovaná:	
Určení referenční tabulky k odhadu vzdáleností:	Číslo referenční tabulky:	Kapitola 4, referenční tabulky 1-12
Určení vzdálenosti v referenční tabulce	Velikost úniku/ limitní koncentrace: Vzdálenost k limitní koncentraci (km):	Kapitola 4, referenční tabulky 1-12

Výše uvedená tabulka a postup v ní uvedený je využitelný pro stanovení dosahu následků na cílový systém zdraví a život obyvatel kde je limitním faktor daný hodnotou ERPG 2. Pro stanovení dosahu následků toxického rozptylu na životní prostředí lze ve fázi odhadu uniklého množství navázat rozptylovým modelem ALOHA 5.4.1 [25] a stanovit jeho pomocí dosah následků definovaným limitním faktorem LC_{50} a následně pokračovat postupem definovaným v metodice H&V Index [3].

Stanovení dosahu nežádoucích účinků pro toxické kapaliny:

Tabulka pro ohodnocení nejhoršího možného scénáře pro toxické kapaliny		
Zdroj:		
Výběr scénáře (definován dle pravidel v metodice jako největší únik dané NCHLAP za 10 minut)		Odkaz na metodiku
Identifikace toxické kapaliny	Název: CAS: Koncentrace v roztoku:	Kapitola 2, sekce 3.2, Sekce 3.2.4.
Určení největšího uniklého množství z nádrže nebo potrubí	Množství (kg): Množství NCHLAP v roztoku:	
Identifikace meteorologických podmínek pro nejhorší scénář	Atmosférická stabilita: Rychlost větru: Okolní teplota: Relativní vlhkost:	
Určení velikosti úniku		
Určení teploty rozlité kapaliny.	Teplota kapaliny °C:	Sekce 3.2. Sekce 3.1.3.
Určení patřičných faktorů kapaliny pro odhad velikosti úniku.	LFA: LFB: DF: TCF:	Sekce 3.2., tabulky B-2, B4, Sekce 3.3., tabulka B-4 pro roztoky

Určení velikosti kaluže		
Odhad velikosti louže	Maximální velikost louže (m ²)	Sekce 3.2.3. rovnice 2
Odhad odparu do ovzduší se vzniklé louže		
Odhad odparu ze vzniklé louže	Rychlost odparu (kg/min):	Sekce 3.2.2 Sekce 3.2.4 pro směsi, rovnice 3 a rovnice 4
Revize rychlosti odparu podle teploty:	Rychlost odparu (kg/min):	Sekce 3.2.5., rovnice 5
Odhad trvání odparu:	Trvání odparu (min)	Sekce 3.2.2., rovnice 6
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu		
Určení limitní koncentrace	Koncentrace (mg/l)	Tabulka B-2
Určení hustoty par	Těžký plyn: Lehký plyn:	Tabulka B-2
Určení typu povrchu	Otevřená krajina: Urbanizovaná krajina:	Sekce 2.1.
Určení patřičné tabulky pro odhad vzdáleností	Číslo tabulky:	Kapitola 4, tabulky 1 – 12
Určení vzdálenosti z referenčních tabulek	Vzdálenost k limitní koncentraci: (m)	Kapitola 4, tabulky 1 - 12

DF – index hustoty ovlivňující velikost louže vytvořené uniklo kapalinou

LFA – index pro kapaliny zohledňující parciální tlak par při normální teplotě

LFB – index pro kapaliny zohledňující parciální tlak par při teplotě varu

TCF – teplotní index určený pro toxické kapaliny při únicích při teplotách nad 25°C

rovnice 2: Určení plochy louže

$$A = QS * DF$$

A – plocha louže

QS – množství uniklé látky

DF – index hustoty

rovnice 3: určení rychlosti odparu za normální teploty

$$QR = QS * 1,4 * LFA * DF$$

QR – rychlost odparu

QS – množství uniklé látky

1,4 – index rychlosti větru

LFA - index pro kapaliny zohledňující parciální tlak par při normální teplotě

DF - index hustoty ovlivňující velikost louže vytvořené uniklo kapalinou

rovnice 4: určení rychlosti odparu za zvýšené teploty (nad 50°C nebo blízko teploty varu kapaliny)

$$QR = QS * 1,4 * LFB * DF$$

QR – rychlost odparu

QS – množství uniklé látky

1,4 – index rychlosti větru

LFB - index pro kapaliny zohledňující parciální tlak par při zvýšené teplotě

DF - index hustoty ovlivňující velikost louže vytvořené uniklou kapalinou

rovnice 5: korekce rychlosti odparu dle teploty

$$QR_c = QR * TCF$$

QR_c – korigovaná rychlost odparu

QR – rychlost odparu

TCF – index korekce teploty z tabulky B-4

rovnice 6: výpočet doby trvání odparu

$$t = \frac{QS}{QR}$$

t – čas

QR – rychlost odparu

QS – množství uniklé látky

Výše uvedená tabulka a postup v ní uvedený je využitelný pro stanovení dosahu následků na cílový systém zdraví a život obyvatel kde je limitním faktor daný hodnotou ERPG 2. Pro stanovení dosahu následků toxického rozptylu na životní prostředí lze ve fázi odhadu rychlosti odparu navázat rozptylovým modelem ALOHA 5.4.1 [25] kde bude zmíněná hodnota rychlosti odparu zadána jako přímý zdroj a stanovit jeho pomocí dosah následků definovaným limitním faktorem LC₅₀ a následně pokračovat postupem definovaným v metodice H&V Index [3].

Stanovení dosahu nežádoucích účinků pro hořlavé látky:

Tabulka pro ohodnocení nejhoršího možného scénáře pro hořlavé látky		
Zdroj:		
Výběr scénáře (definován jako exploze typu VCE největšího uniklého množství)		Odkaz na metodiku
Identifikace hořlavé látky	Název: CAS:	Kapitola 2, sekce 3.1
Určení největšího uniklého množství z nádrže nebo potrubí	Množství (kg):	
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu (stanoven jako přetlak 1 psi způsobený explozí stanovený pomocí TNT modelu.)		
Určení vzdálenosti k limitnímu bodu dle tabulky	Vzdálenost (km):	Kapitola 5, referenční tabulka 13
Alternativně určení vzdálenosti k limitnímu bodu pomocí empirických rovnic (rovnice 7):	Spalné teplo: Vzdálenost k limitnímu bodu:	Kapitola 5, příloha C.1, příloha C.2, tabulka C-1

rovnice 7: rovnice pro odhad vzdálenosti k limitnímu přetlaku 1 psi při explozi typu VCE

$$D = 17 \times \left(0,1 \times W_f \times \frac{HC_f}{HC_{TNT}} \right)^{1/3} \text{ kde}$$

D – vypočtená vzdálenost (m)

W_f – množství látky účastnící se exploze

H_{c_f} – spalné teplo látky účastnící se exploze (kJ/kg)

$H_{c_{TNT}}$ – spalné teplo trinitrotoluenu

0,1 – faktor zohledňující, že se exploze bude účastnit pouze 10 % uniklé látky což představuje nejhorší možný scénář

17 – konstanta pro přetlak 1 psi

6 Řízení rizik přepravy NCHLAP

Primárním zájmem každého řízení rizik je prevence nežádoucích stavů a jevů. V našem případě se jedná i prevenci vzniku havárií při přepravě NCHLAP, které mohou vyústit v poškození zdraví občanů, poškození životního prostředí nebo majetku.

Prevence vzniku takovýchto havárií musí být zájmem všech dotčených stran, tedy především dopravců a jejich zaměstnanců, orgánů státní správy a samosprávy, zasahujících jednotek a laické, ale i odborné veřejnosti,. Pro prevenci havárií musí být navázána spolupráce na všech úrovních. Tato spolupráce musí být založena na otevřenosti a dostatku patřičných informací, které pak zlepší povědomí veřejnosti o možných rizicích, která jim mohou hrozit z titulu blízkosti přepravních tras NCHLAP což následně pomůže omezit následky případné havárie a snížit tím i její riziko.

Tato praxe je již zavedena u mnoha stacionárních zařízení, která nakládají s NCHLAP. Všichni přepravci NCHLAP musí plnit podmínky bezpečnosti přepravy NCHLAP bez ohledu na jejich velikost, finanční podmínky nebo jiné faktory. Řízení rizik musí být nedílnou součástí fungování společností, které musí podnikat přiměřená opatření ke snížení nehodovosti na minimum. K tomuto cíli musí být přidělovány patřičné lidské, finanční a materiální zdroje. Cílem každé společnosti provozující přepravu NCHLAP by měla být nulová nehodovost. Tento cíl by měla společnost jasně deklarovat a komunikovat svým zaměstnancům, dodavatelům, klientům a ostatním subjektům s nimiž spolupracuje.

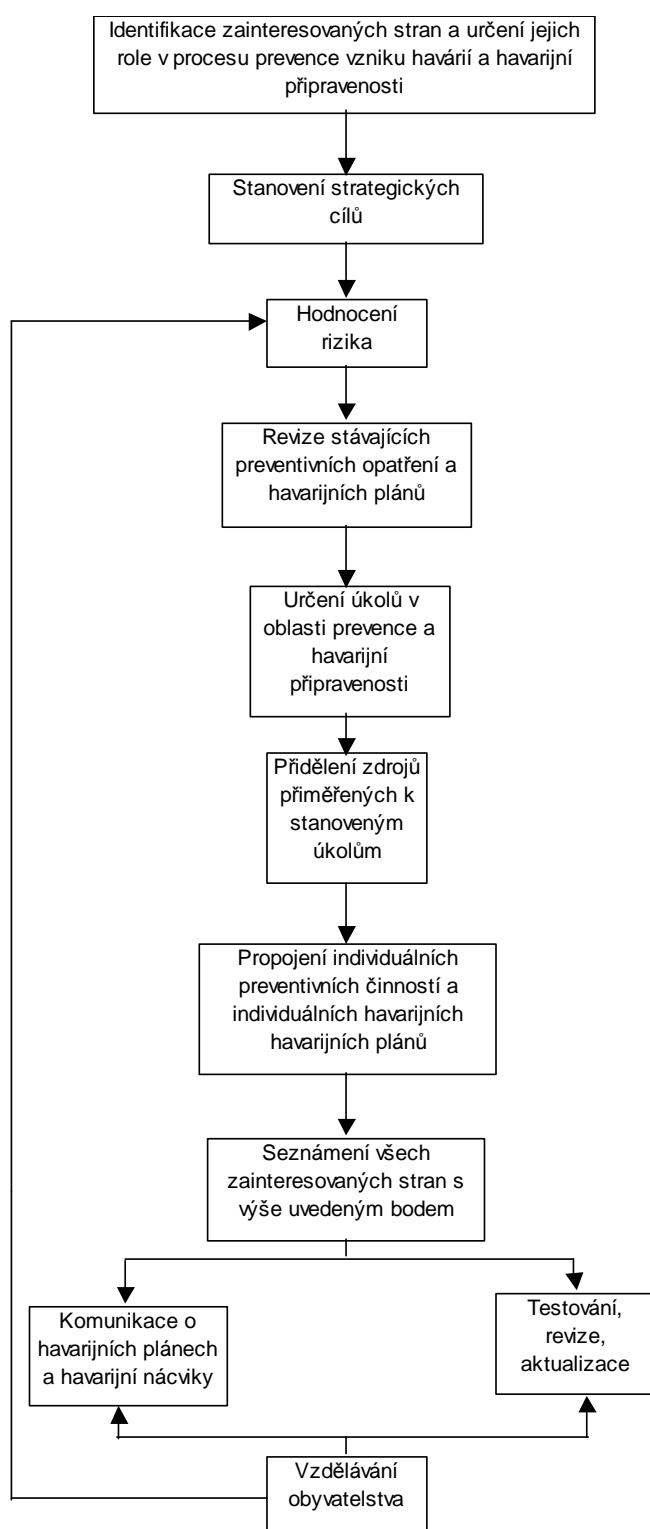
Všichni zaměstnanci přepravce NCHLAP by si měli být vědomi rizik, která jejich činnost představuje a to nejen vzhledem k jejich vlastnímu zdraví, ale i následků, které může mít případná havárie pro okolí přepravní trasy.

Orgány státní správy a samosprávy by měly podněcovat a spolupracovat s provozovateli přepravních firem na řízení jejich rizik, na jejich prevenci i havarijní připravenosti. Tyto

orgány by také měly periodicky kontrolovat dodržování bezpečnostních principů, ke kterým se společnost přihlásila a které musí plnit z titulu legislativy.

Ne všichni přepravci mají dostatek prostředků k tomu aby se mohli účinně řídit svá rizika. Zvláště pak střední a menší dopravci mohou mít problémy s financemi, know-how apod. Zde je opět významná role orgánů státní správy a samosprávy, zájmových sdružení a asociací apod. aby pomohly těmto výše uvedeným společnostem s problematikou řízení rizik a jejich redukce.

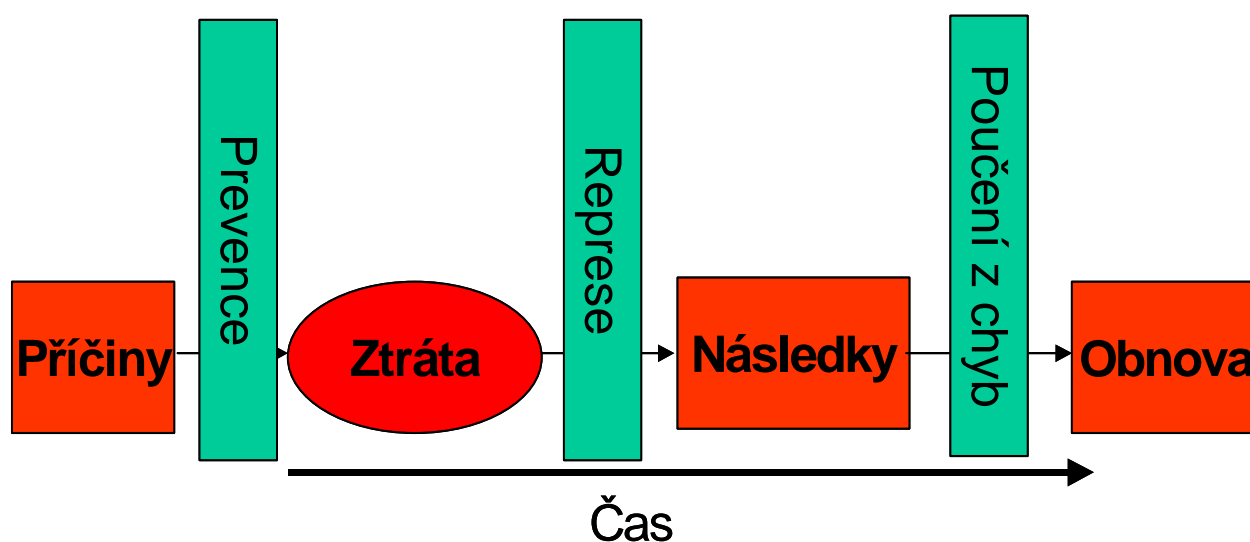
obrázek 16: Schéma nastavení systému řízení rizik [19]



Výstupem z výše uvedeného schématu řízení rizik je fungující proces ve kterém jsou zavedeny preventivní a represivní prvky k omezení rizika vzniku havárie při přepravě NCHLAP.

Proces řízení rizik lze tedy obecně rozdělit do dvou velkých kategorií a to prevence a represe. Toto rozdělení vychází z časové osy působení rizika. Prevence a represe jsou jakýmsi barierami při vzniku nežádoucí události a obě směřují k omezení rizika případné havárie.

obrázek 17: Řízení rizik v časové ose.



Preventivní opatření lze rozdělit na:

- technická a
- organizační

Mezi technická preventivní opatření lze zařadit:

- kvalita a stav přepravních jednotek
- snížení objemu NCHLAP, který může uniknout, například rozdělením přepravních jednotek do více komor apod.
- vybavení řidičů navigačními zařízeními
- kvalita a stav přepravní trasy

- zvýšení komfortu řidiče
- apod.

Mezi organizační preventivní opatření lze zařadit:

- školení a trénink řidičů
- stanovení přepravních tras mimo sídelní útvary, citlivé prvky ŽP apod.
- informovanost jednotek IZS o množství a charakteru přepravovaného nákladu, přepravní trase a době přepravy
- stanovení režimu jízdy s menším zatížením pro řidiče, například častější přestávky.
- Apod.

6.1 Identifikace zainteresovaných stran a určení jejich role v procesu prevence vzniku havárií a havarijní připravenosti

Trasy přepravy NCHLAP tvoří tzv. liniové zdroje rizik, v jejichž okolí se nacházejí rozličné cílové systémy, které mohou být zasaženy případnou havárií za účasti NCHLAP. Tyto cílové systémy jsou každý oblastí řízení určité zájmové skupiny. Mezi jednotlivé zájmové skupiny můžou patřit:

- Vlastníci pozemků v okolí přepravních tras
- Samotní přepravci
- Občané a jimi volení zástupci místní správy v okolí přepravních
- Organizace hospodařící na pozemcích v okolí přepravních tras, jako jsou například správci lesů, správci povodí, zemědělci apod.
- Nevládní organizace
- Složky integrovaného záchranného systému
- Orgány státní správy
- Správci samotných komunikací

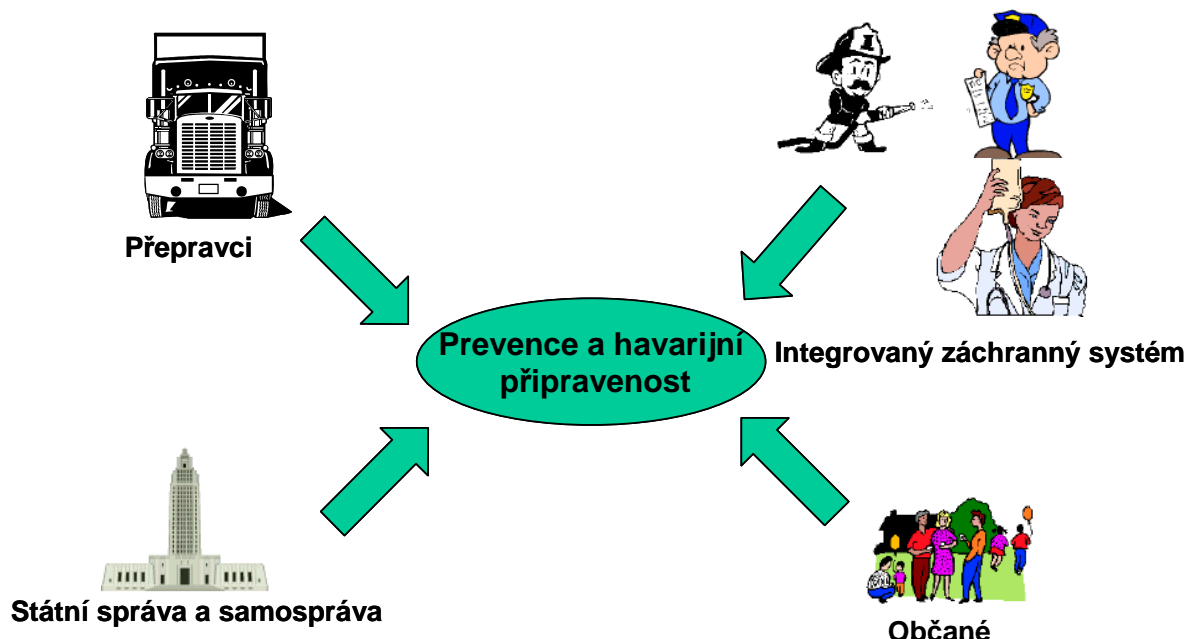
- Zástupci médií
- Zájmová sdružení dopravců
- Apod.

Tyto jednotlivé zájmové skupiny by měly být zainteresovány v procesu řízení rizik a to různou měrou dle jejich možného vlivu na snížení možných rizik nebo míry jejich možného zasažení případnou havárií.

Koordinaci vypracování systému by měly převzít orgány státní správy nebo orgány samosprávy například na úrovni krajů a to vydáním příslušné legislativy, která by umožnila vznik tohoto systému nebo jej přímo nařídila.

Každá ze zájmových skupin by pak měla jmenovat svého zástupce do pracovní skupiny, která se bude nastavením systému zabývat a tato skupina by pak měla mít vedoucího s dostatečnou znalostí problematiky a schopností interpretovat výsledky práce skupiny a prosadit její závěry u orgánů státní správy a samosprávy, které budou následně s výsledky pracovní skupiny pracovat.

obrázek 18: Schématické znázornění zapojení jednotlivých zájmových skupin do procesu prevence havárií a havarijní připravenosti.



6.2 Stanovení strategických cílů

Samozřejmým cílem, který se přímo nabízí je cíl, že nedojde během daného časového období ke havárii za účasti NCHLAP a tím nedojde k negativním následkům na okolí přepravní trasy. Je zřejmé, že tento cíl není v praxi splnitelný, přesto by však měl být vysloven a podniknuty kroky aby se statistiky nehod k tomuto číslu co nejvíce blížily. Je pak na jednotlivých zainteresovaných stranách jaké jsou ochotny přidělit prostředky k tomu aby rizika přepravy NCHLAP byly minimalizovány.

6.3 Identifikace a analýza rizik přepravy NCHLAP

Analýza rizik je nezbytným krokem při vypracování jakéhokoliv systému řízení rizik. Analýza rizik je proces, který obsahuje několik nezbytných kroků k tomu aby její výsledky byly reprezentativní a využitelné k účelu k jakému byla provedena. Analýzu rizik přepravy NCHLAP je vždy nutné provádět pro určité zájmové území.

Jednotlivé kroky analýzy rizik jsou:

- Identifikace nebezpečí
- Určení reprezentativních scénářů
- Modelování a analýza následků
- Odhad frekvence nebo pravděpodobnosti vzniku havárie dle uvedeného scénáře
- Zhodnocení a prezentace výsledků

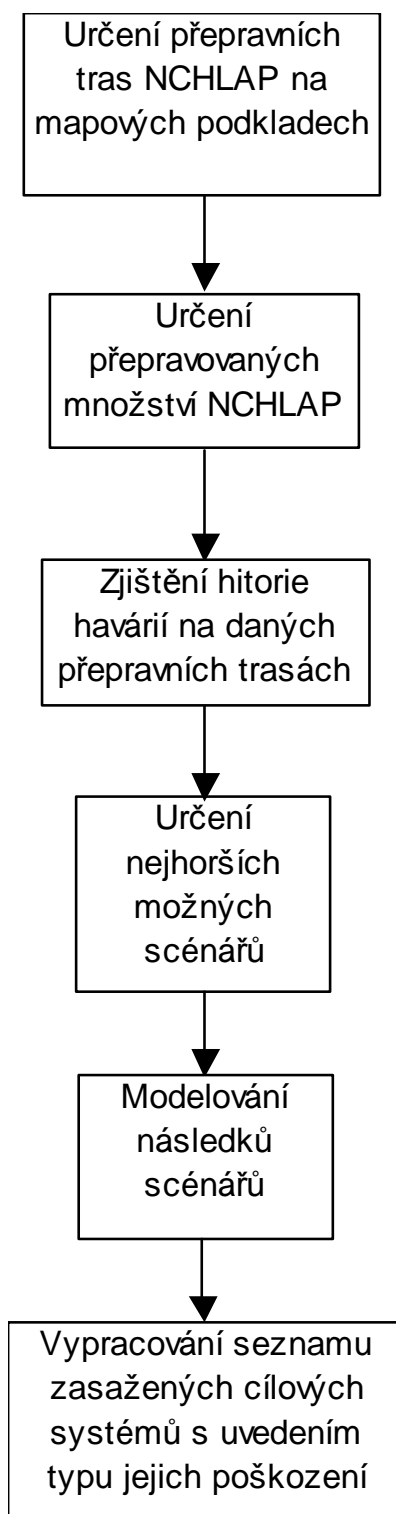
Hlavním úkolem identifikace nebezpečí je zmapovat a porozumět jaké typy NCHLAP a v jakých množstvích jsou přepravovány v zájmovém území.

K určení reprezentativních scénářů a modelování jejich následků bude sloužit vybraná metodika US EPA RMP.

Odhad frekvence nebo pravděpodobnosti vzniku havárie není pro účely havarijního plánování zásadní informace tudíž ji lze provést pouze orientačně jako doplňující informaci.

Zhodnocení a prezentace výsledků je důležitým krokem zvláště v případě zapojení veřejnost do procesu řízení rizik.

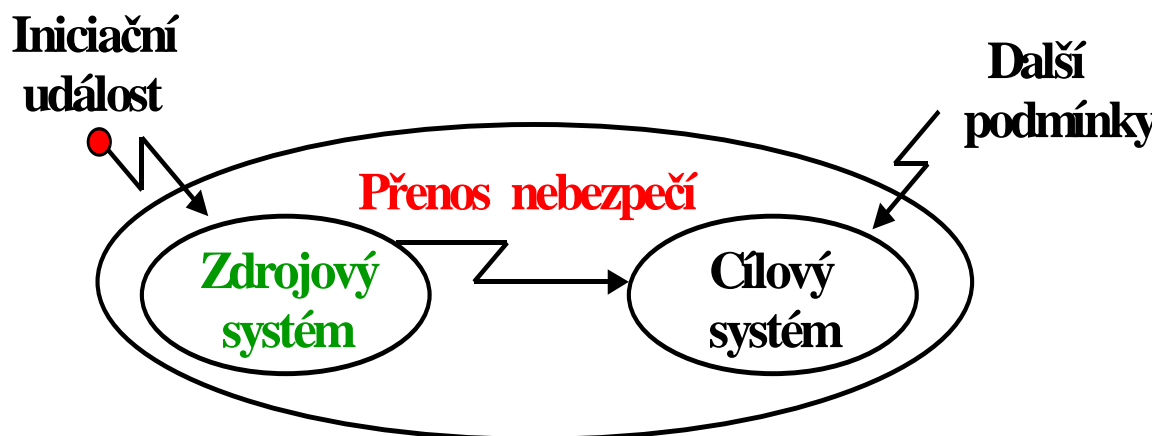
obrázek 19: Schéma analýzy rizik přepravy NCHLAP



Vybraná metodika je využitelná zejména jako univerzální nástroj analýzy rizik. Metodika slouží k určení dosahu nežádoucích účinků možných havárií při přepravě NCHLAP.

Komplexní analýza však vyžaduje propojení výsledků této metodiky se znalostí citlivosti prostředí, která bude dále definovat i cíle, které mohou být případnou havárií zasaženy.

obrázek 20: Schéma tvorby scénáře při analýze rizik



Iniciační událostí se rozumí situace díky které se dostane zdrojový systém, kterým je přepravní jednotka do stavu mimo standardní provozní podmínky. V praxi to znamená že může dojít k porušení celistvosti přepravní jednotky a úniku NCHLAP nebo ke změně podmínek při kterých je NCHLAP přepravována. Těmito podmínkami se rozumí především, tlak, teplota, skupenství NCHLAP apod.

Zdrojovým systémem je tedy přepravní jednotka, kterou může být:

- Auto cisterna
- Železniční cisterna
- Kontejner přepravovaný po železnici nebo silnici
- Potrubí
- Přepravovaný svazek tlakových lahví apod.







Přenos nebezpečí, respektive nebezpečné vlastnosti NCHLAP je možný několika cestami v zásadě však počítáme jako s primárním pouze s přenosem vzduchem

Při aplikaci metodiky na konkrétním případě pak bude nutné zvažovat možné cílové systémy, které mohou být havárií zasaženy. Může se jednat především o:

- Sídlní útvary kde se jedná především o vliv na lidské zdraví a životy a majetek občanů. Vhodně zvoleným limitním bodem dosahu následků lze odhadnout dosahy jak smrtelné tak také následky, které mohou znamenat ovlivnění kvality a pohodlí života občanů například jejich evakuací.
- Prvky kritické infrastruktury, jako jsou rozvody elektrické energie, zásoby pitné vody, hlavní dopravní tepny apod.
- Citlivé prvky životního prostředí. Havárie s účastí NCHLAP může mít negativní vliv na jednotlivé složky ŽP i když primárně není charakterizována jako nebezpečná pro životní prostředí, viz tabulka 5. V případě, že látka vykazuje nebezpečnost pro některou ze složek ŽP, je dále analyzována zranitelnost životního prostředí v dané lokalitě. Samostatně lze posuzovat vliv havárie na jednotlivé složky prostředí, povrchové a podzemní vody, půdní prostředí, biotické složky prostředí. K tomuto posouzení lze jako navazující metodiku využít metodu H&V Index [3].

Dalšími podmínkami jsou myšleny především podmínky klimatické a povětrnostní, které mají vliv především na rychlost odparu NCHLAP, na možnost a rychlost jejího rozptýlu v ovzduší a také na možnost šíření NCHLAP například ve vodním nebo půdním prostředí. Jako další podmínky lze také označit charakter krajiny, který významně ovlivňuje například možnost rozptýlu toxického plynu. Pokud dojde k úniku kapalné látky na svažitém terénu, významně to ovlivní velikost plochy zasažené unikající látkou. Jinými podmínkami může být také například přítomnost vpustí dešťové kanalizace, která pak může sloužit jako kolektor k šíření uniklé kapaliny i plynu, například LPG.

tabulka 5: Tabulka definující ohrožené cílové systémy dle charakteru NCHLAP

Typ nebezpečné vlastnosti NCHLAP	R- věty které tuto vlastnost definují	Symbole nebezpečnosti.	Typ havárie	Definice limitního bodu dle tabulky 3	Typ cílového systému, který může být zasažen
Toxicita	R23, R24, R25, R26, R27, R28	<div> <div>T</div>  <div>toxický</div> </div> <div> <div>T+</div>  <div>vysoce toxický</div> </div>	Toxický rozptyl	ERPG LC ₅₀	<p>Zdraví a životy osob,</p> <p>Všechny složky ŽP</p> <p>Prvky KI, např. zásoby pitné vody</p>
Výbušnost	R1, R2, R3	<div>E</div>  <div>výbušný</div>	Tlaková vlna, letící trosky	Přetlak	<p>Zdraví a životy osob,</p> <p>Biotická složka ŽP</p> <p>Majetek občanů</p> <p>Všechny prvky KI</p>
Hořlavost	R11, R12, R15, R18	<div>F</div>  <div>vysoce hořlavý</div> <div>F+</div>  <div>extrémně hořlavý</div>	Tepelné účinky, tlaková vlna, letící trosky	Přetlak i Tepelné účinky	<p>Zdraví a životy osob</p> <p>Biotická a rostlinná složka ŽP,</p> <p>Všechny prvky KI</p> <p>Majetek občanů</p>
Nebezpečnost pro ŽP	R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57	<div>N</div>  <div>nebezpečný pro životní prostředí</div>	Únik do ŽP	Kontaminace ŽP	Všechny složky ŽP

Výstupem z provedeného mapování rizik územního celku jakým je kraj by měl být mapový podklad v GIS, kde budou znázorněny přepravní trasy v rámci kraje s vyznačenými pásy ohrožení dle charakteru přepravovaných NCHLAP a typu jejich nebezpečné vlastnosti, jak je uvedeno v tabulce 2. Přílohou tohoto mapového podkladu by měl být seznam potenciálně zasažených objektů.

6.4 Revize stávajících preventivních opatření a havarijních plánů

6.4.1 Preventivní opatření

Na základě výsledků analýzy rizik a pomocí ní vytvořených mapových podkladů a vytvořeného seznamu potenciálně zasažitelných cílových systémů je pracovní skupina schopna zhodnotit, zda stávající preventivní opatření a připravenost havarijních složek je dostatečná či nikoliv.

Jak již bylo řečeno v kapitole 6, existuje řada preventivních opatření, která lze rozdělit na technická a organizační.

Ve spolupráci dopravními inženýry lze provést řada preventivních opatření jako jsou například:

- úprava dopravního značení,
- úprava nejvyšší povolené rychlosti,
- úprava systému povinných školení řidičů,
- úprava samotné přepravní trasy vhodnou kanalizací se zachyty ropných látek tzv. lapoly v místech kde přepravní trasa probíhá citlivými oblastmi životního prostředí nebo kde protíná vodní toky.
- zákaz po dané trase přepravovat určité NCHLAP.
- omezení přepravy vybraných NCHLAP v době dopravních špiček, což povede ke snížení počtu potenciálně zasažených osob

- omezení přepravy NCHLAP při zhoršených povětrnostních podmínkách jako je mlha, silný vítr, sníh, ledovka.

.Výše uvedené preventivní opatření bude zřejmě možné zavést pouze na dobrovolné bázi a na bázi uvědomělosti všech zainteresovaných skupin. Jakákoliv implementace těchto pravidel do legislativy by zřejmě byla obtížná a časově náročná. Zde můžou sehrát významnou roli právě zájmová sdružení dopravců apod.

Výsledky provedeného mapování rizik přepravních územního celku je nutné promítnout také do územního plánování tak jak se to děje v posledních letech u stacionárních zdrojů. Naopak lze také mapování rizik využít při územním plánování v případě projektování přepravní trasy kdy vybraná metodika může sloužit jako podklad například pro proces EIA, který se u těchto staveb provádí dle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivu na životní prostředí [21].

V případě projektu na liniovou stavbu, kterou přepravní trasa je, by bylo možno provést předběžné posouzení pro typové přepravní jednotky NCHLAP a následně pak vyslovit požadavky na úpravu trasy nebo úpravu zabezpečení trasy pokud tato například probíhá v blízkosti citlivých složek životního prostředí, sídelních útvarů apod.

6.4.2 Havarijní plány

V současné době jsou zpracovány havarijní plány krajů dle zákona č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení [20], tzv. krizový zákon. V těchto plánech jsou však přepravní trasy jako zdroje rizika zmíněny pouze rámcově.

Jsou upracovány vnitřní havarijní plány a vnější havarijní plány u stacionárních zařízení, které podléhají dikci zákona o prevenci závažných havárií [16].

Jednotlivé dílčí havarijní plány by měly být zpracovány do jednoho dokumentu, postihujícího veškerá předvídatelná rizika a obsahujícího opatření k omezení případných následků těchto rizik.

Faktory, které je nutno u stávajících dílčích havarijních plánů posoudit jsou uvedeny v následující tabulce. K hodnocení kvality havarijních plánů lze využít stupnici o 4 úrovních:

A – akceptovatelný stav

B – minimální práce k dosažení akceptovatelného stavu

C – nutnost kompletního přepracování

N – netýká se

Níže uvedené hodnocení je pouze ilustrativní a nepopisuje žádnou konkrétní situaci.

tabulka 6: Matice pro hodnocení dostatečnosti stávajících havarijních plánů

	Regionální plány (kraje)	Lokální plány (města, vnější havarijní plány)	Ostatní (průmysl)
Hodnocené plány	Havarijní plán kraje	Havarijní plán města	Vnější havarijní plán
Prvky ošetřené plánem	C	B	A
Pravomoci a odpovědnosti	A	C	B
Hodnocení rizik	C	B	A
Postupy vyrozumění a komunikace	A	B	A
Připravenost sil a prostředků zásahu	A	B	B
Strategie zásahu a ochrany	B	B	B
Informovanost a povědomí občanů	C	C	C
Postupy po ukončení krizového stavu	B	B	B
Školení a výcvik	C	D	A
Udržování aktuálnosti havarijních plánů	A	B	A

Po mapování provedeném pomocí vybrané metodiky je potřebné tyto havarijní plány aktualizovat tak aby reagovaly na rizika hrozící z přepravy NCHLAP. Mapový podklad v GIS pak může být velmi dobrým nástrojem pro podporu rozhodování v krizových situacích. Krajské úřady by zřejmě měly sehrát významnou roli na zvedení procesu řízení rizik při přepravě NCHLAP.

S aktualizovanými havarijní plány pak musí být seznámeny všechny zainteresované strany.

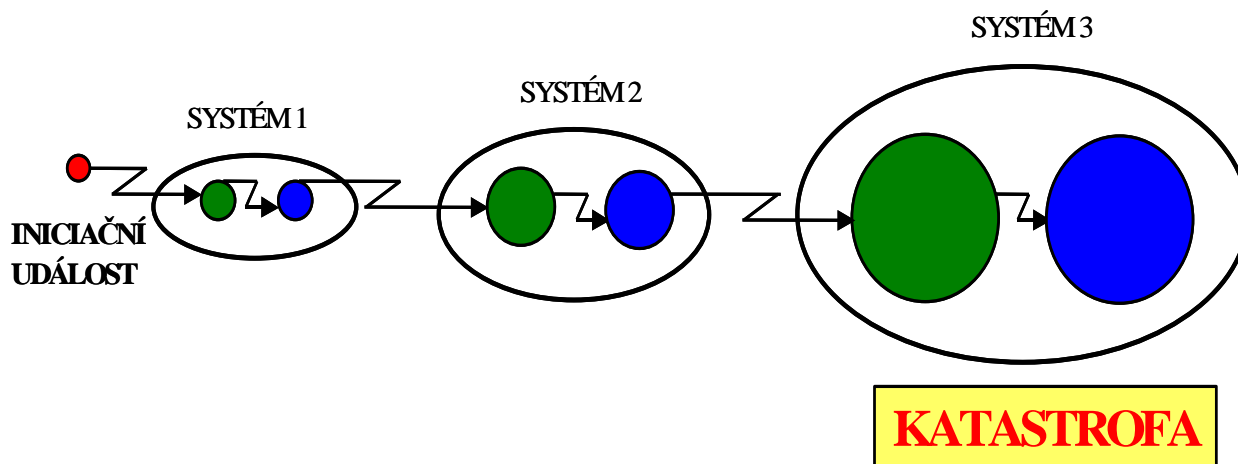
Vzhledem k existenci satelitních navigačních systémů, například Galileo [31] je možné vytvořit systém evidence přepravovaných nákladů jako jeden ze zdrojů dat pro systém Galileo a zavést povinnost přepravecům zadat typ přepravovaného nákladu do takto vytvořeného systému navázaného na satelitní navigaci a zásahové jednotky jsou pak schopny v reálném čase schopny sledovat pohyb přepravní jednotky po trase se znalostí přepravovaného nákladu. Pomocí tohoto systému lze pak zároveň vyslat nouzové hlášení v případě, že se přepraví jednotka ocitne v mimořádné situaci. V současné době již mají dopravci povinnost vyplňovat průvodní dokumentaci k nákladu NCHLAP. Není to tedy pro ně žádnou novinkou. Data o nákladu lze do systému snímat například pomocí čárového kódu a přiřadit tak konkrétní náklad konkrétní přepravní jednotce.

Pomocí tohoto systému tak lze eliminovat situace kdy zásahové jednotky přijíždějí k havarovanému vozidlu aniž by věděly jaký typ nákladu veze a tudíž se vystavují riziku, že budou samy muset čelit nebezpečí plynoucímu z nákladu vozidla.

Pomocí toho systému lze také omezit riziko pro zasahující jednotky a to především v případě, že dojde k úniku NCHLAP například na dálničním nebo celním parkovišti kde se pak mohou na jednom místě nacházet přepravní jednotky přepravující NCHLAP, který by mohly způsobit tzv. dominový efekt. Domino efekt v praxi znamená, že havárie jedné přepravní jednotky může iniciovat havárii ostatních přepravních jednotek. V kombinaci se skutečností, že součástí dálničních parkovišť jsou mnohdy čerpací stanice PHM a místa se

zvýšenou koncentrací a pohybem osob, například restaurace, autobusy apod. je tato funkce zmíněného systému více než potřebná.

obrázek 21: Schéma vzniku domino efektu



6.4.3 Přípravenost sil a prostředků zásahu

V současné době jsou jednotky IZS relativně dobře připraveny pro zásahy u stacionárních zařízení kde je nakládáno s NCHLAP. Tento stav je dán jednak vývojem legislativy a jednak také tím, že řada provozovatelů stacionárních zařízení má povinnost zřídit vlastní zásahové jednotky, které mají patřičné vybavení a znalosti na zvládání havárií.

U stacionárních zařízení byly již na základě provedených analýz rizik provedena patřičná preventivní opatření a také dimenzovány prostředky a síly na zvládání případných havárií. U přepravních tras tento proces ještě nenastal.

V rámci připravenosti prostředků a sil zásahu je nutno prověřit schopnost jednotlivých složek IZS zvládnout případnou havarijní situaci a to především v místech kde se nevyskytuje žádné stacionární zařízení a tudíž nemusí být jednotky připraveny na specifické zásahy.

V první řadě je potřeba se zaměřit na složky IZS:

- Policii
- Záchrannou službu první pomoci

- Hasičský záchranný sbor
- Nemocnice

Havarijní plán by měl do prostředků zásahu počítat i prostředky síly stacionárních zařízení, které, jak již bylo řečeno, mohou mít a často mají speciální vybavení na zásahy při únicích nebo požárech NCHLAP a mají personál vyškolený na zvládání těchto havárií.

Zvláště při zvládání úniků NCHLAP do životního prostředí je nutné mít specifické znalosti a vybavení pro zamezení šíření kontaminantu a k vyčištění zasažené složky životního prostředí.

Zasahující složky by měly mít k dispozici nejen prostředky zabraňující samotnému šíření kontaminantu jako jsou norné stěny, speciální sorbenty apod., ale také prostředky na následnou dekontaminaci zasažených složek životního prostředí, kterými budou především:

- Povrchové vody
- Podzemní vody
- Horninové prostředí
- Biota

K těmto účelům by územní celky měly mít k dispozici jak prostředky pro dekontaminaci in situ jako například ventingové soupravy, tak také prostředky pro dekontaminaci ex situ jako jsou spalovny a dekontaminační plochy.

V případě, že tyto prostředky nemají samotné složky IZS nebo kaje, lze s výhodou využít prostředky buď provozovatelů stacionárních zařízení nebo specializovaných firem.

6.4.4 Teoretické nácviky zvládání havarijních situací

Velmi kvalitním nástrojem teoretického cvičení zvládání havarijních situací je tzv. Role play technika, kdy je nastíněn scénář vzniklé havarijní situace a jednotlivé složky určené havarijním plánem provádějí činnosti, které by měly provádět při reálné havárii. Účastníci si

tak teoreticky procvičí rozhodování v krizových situacích, své reakce a způsob využití dostupných prostředků. Tok informací a scénář by měly být maximálně realistické. Nové informace by měly přicházet až na základě předchozích rozhodnutí účastníků cvičení. Toto cvičení může být prováděno v jedné místnosti, například krizovém centru kraje nebo také způsobem, že jsou účastníci na svých pracovištích a musí komunikovat na dálku. Druhá z možností navíc testuje komunikační systémy.

Jakákoliv větší havárie se dnes neobejde bez zájmu a tlaku medií. Zvládání mnohých havárií v minulosti se vyznačovalo právě nedostatkem informací obyvatelstvu nebo naopak rozporuplnými informacemi, které mohou ve svém důsledku vést k následné panice a značnému zvýšení škod. Při těchto teoretických simulacích lze s úspěchem vyzkoušet komunikaci s medií tak aby v při zvládání reálné krizové situace měli pracovníci ve funkcích, které přicházejí do styku s medií natrénovánu komunikaci s nimi ve stresových situacích.

6.4.5 Praktické nácviky zvládání havarijních situací

Systém praktických nácviků je nezbytným prvkem jakéhokoliv havarijního plánu. Praktické nácviky by měly respektovat scénáře identifikované v provedené analýze rizik a měly by poskytovat praktický výcvik v jejich zvládání. Opět je zde důležitá podmínka zachování maximální reálnosti situace, včetně toho, že zasahující jednotky nebudou do poslední chvíle vědět kdy bude cvičení zahájeno a který scénář bude procvičován.

Teoretické i praktické nácviky by měly být sledovány nezávislými pozorovateli, kteří jsou následně schopni podat informace o nedostatcích, které se při nácviku projeví.

Prvky, které by měly být výstupem cvičení a následného hodnocení jsou následující:

- Hodnocení samotných havarijních plánů a plánovaných sil a prostředků zásahu
- Vytvoření podkladů pro odstranění nedostatků v havarijních postupech
- Samotný praktický nácvik fungování jednotlivých složek IZS a dalších účastníků havarijního plánování

- Vylepšení koordinace a vztahů
- Zajištění kontinuálního zapojení jednotlivých složek komunity
- Zajištění zapojení veřejnosti a medií
- Integrace havarijního plánu pro přepravu NCHLAP do regionálních havarijních plánů

Zásadní položky plánování havarijního cvičení jsou:

- Identifikace zainteresovaných stran
- Definice funkcí a prvků havarijního plánu, které by měly být testovány
- Písemné vypracování scénáře, který bude předmětem nácviku
- Výběr vhodné lokality
- Zajištění potřebných povolení, vybavení, kontaktů s medií apod.

Nácviky havarijních situací by měly maximálně realistické a není vždy nutné procvičovat nejhorší možní scénáře identifikované analýzou rizik. Při samotném nácviku mohou být využity pyrotechnické nebo kouřové efekty.

Výstupem z každého havarijního nácviku, ať už teoretického nebo praktického by měla být zpráva nezávislé komise, které by se měla promítnout v aktualizaci havarijního plánu nebo vylepšení prostředků a sil zásahu. Procvičované scénáře i lokality a stejně tak umístění cvičení v čase by se mělo měnit. Je nutné procvičit havarijní zásahy jak v letních měsících, tak také v zimních měsících, případně v noci. Scénáře cvičení by měly respektovat skutečnosti, jako jsou například:

- K havárii může dojít v dopravní špičce
- K havárii může dojít o víkendu, kdy mohou být různí členové zainteresovaní na zvládnutí havarijní situace na dovolené nebo mimo dosah.
- K havárii může dojít v noci
- K havárii může dojít za extrémních povětrnostních podmínek
- Apod.

V současné době se nácviky havarijních situací provádějí i v České republice. Jedním z posledních bylo například cvičení MORAVA – JIH 2007 [33], které se uskutečnilo v srpnu tohoto roku. V rámci tohoto cvičení byl simulován zásah na autocisternu, která přepravovala NCHLAP a při havárii došlo k jejímu převržení a pádu do řeky Moravy.

Nutno však dodat, že náměty těchto cvičení jsou vybírány spíše intuitivně a ne na základě provedených analýz rizik přepravy NCHLAP. Přesto však představují přínos pro připravenost jednotek IZS.

6.4.6 Zapojení veřejnosti do procesu havarijní připravenosti

Příležitosti k zapojení veřejnosti do procesu havarijní připravenosti se vyskytují v celém procesu řízení rizik přepravy NCHLAP. Výchova veřejnosti v chování při havarijních situacích jako je například kam se obrátit pro potřebné informace o havárii, jak a kam se evakuovat v případě havárie je li to potřeba je kritickým prvkem celého procesu havarijní připravenosti.

Pro adekvátní povědomí veřejnosti o hrozících rizicích a jejich povinnostech se doporučuje učinit následující:

- Připravit informační brožuru pro všechny domácnosti v zóně havarijního plánování
- Distribuovat tuto brožuru nejvíce dostupnou cestou
- Připravit informační materiál pro media podávající informace o nebezpečných vlastnostech NCHLAP a rizicích z nich plynoucích
- Provést cvičné využití tohoto materiálu medii
- Zavést programy osvěty pro školy, lokální občanská sdružení apod.
- Zřídit poradnu pro veřejnost kde se můžou obrátit s dotazy o nebezpečných vlastnostech NCHLAP
- Pozvat veřejnost jako diváky nácviku zvládání havarijních situací
- Periodicky ověřovat účinnost výše uvedených opatření a povědomí obyvatelstva

Při informování veřejnosti o rizicích a havarijní připravenosti je vždy nutné dbát na vyváženost hloubky a rozsahu informací a to především vzhledem k právu obyvatel na informace [1] na straně jedné a vzhledem k možnému poskytnutí citlivých informací teroristickým a zločineckým organizacím na straně druhé.

7 Diskuse a závěr

V rámci této disertační práce byla provedena rešerše současného stavu v oblasti znalostí rizik přepravy NCHLAP a možností jejich analyzování. Výsledkem této rešerše je skutečnost, že v současné době existuje řada metod analýzy rizik, které jsou více či méně vhodné k využití pro analýzu rizik přepravy NCHLAP.

Z řady existujících metod byly vybrány tři, které by mohly být potenciálně využity pro analýzu rizik přepravy NCHLAP. Jedná se o renomované metodiky využitelné pro posouzení různých druhů NCHLAP a nabízejících výsledky potenciálně využitelné pro potřeby havarijního plánování. Jedná se o metody IAEA TecDoc 727, Dow Fire and Explosion Index spolu s Chemical Exposure Indexem a metodu US EPA Risk management program for offsite consequence analysis.

Použitelnost těchto metod byla testována pro tři NCHLAP a to amoniak, LPG a benzín. Tyto NCHLAP byly vybrány z následujících důvodů:

- Patří mezi nejčastěji přepravované NCHLAP
- Reprezentují různé chemické a fyzikální charakteristiky NCHLAP
- Reprezentují různé druhy nebezpečnosti NCHLAP a to především toxicitu, hořlavost a nebezpečnost pro životní prostředí.

Po testování výše uvedených metod je jako nejvhodnější metoda vybrána metoda US EPA Risk Management Program for Offsite Consequence Analysis.

Tato metoda je vhodná především svou univerzálností, kdy nabízí jak poměrně jednoduché hodnocení pomocí systému tabulek, tak také skýtá možnost provést detailnější hodnocení přímo pomocí empirických vzorců. Toto detailnější hodnocení bude nutno využít především v případě, že bude nutno stanovit limitní body pro dopady havárií na životní prostředí. Pro případ hodnocení dopadu havárií na životní prostředí lze pak na tuto metodiku vhodně navázat hodnocení pomocí H&V Indexu [3].

V disertační práci jsou stanoveny podmínky a uvedeny možno využití dané metody. Samotná metodika analýzy rizik je však pouze nástroj a v této disertační práci je popsáno, jak tento nástroj využít pro celkové řízení rizik v dopravě.

Metodika by měla být využita pro mapování rizik v územních celcích což v prostředí České republiky jsou kraje. Pracovní skupiny vytvořené ze zainteresovaných stran, kterými jsou především orgány státní správy a samosprávy, složky IZS, přepravci a jejich zájmová sdružení, by měly zmapovat přepravní trasy v daném územním celku a na tyto trasy aplikovat vybranou metodiku pro typové přepravní jednotky a typové NCHLAP. Vytvořily by se tak tzv. liniové zdroje rizik a po jejich vynesení do mapových podkladů GIS by zainteresované strany získaly velmi podstatný podklad pro havarijní plánování. V případě České republiky se jedná především o přepravní trasy silniční a železniční. Potrubní přeprava, která je provozována především společnostmi Čepro, a.s. a MERO, a.s. je v současné době velmi dobře zabezpečena, měla by však být zahrnuta do tvorby havarijních plánů krajů.

Z textu disertační práce je zřejmé, že v současné době jsou na poměrně dobré úrovni havarijní plány a připravenost sil a prostředků v oblastech kde se vyskytují významné stacionární zdroje a to především zdroje spadající pod dikci zákona o prevenci závažných havárií [16]. V těchto oblastech se provedené analýzy rizik a z nich vyplývající mapové podklady již promítají i do územního plánování.

V oblasti přepravy NCHLAP zatím toto mapování provedeno není a tudíž může dojít k situaci kdy havárie při přepravě NCHLAP zastihne nejen občany, ale i zásahové jednotky nepřipravené a to jak u titulu primárního zásahu při havárii, tak také z titulu péče o případné zraněné což se může dotknout i dimenzování kapacity nemocnic a zdravotnických zařízení.

Výstupy z mapování rizik provedeného vybranou metodikou jsou využitelné nejen k tvorbě havarijních plánů, ale také k preventivním opatřením, která mohou významně omezit jak pravděpodobnost vzniku havárie, tak také omezit případné následky.

S velkou výhodou lze v současné době využít satelitní navigační systémy, které spolu s kvalitními mapovými podklady dávají možnosti jednak vytvořit nástroj, pro podporu rozhodování při vzniku krizové situace, tak také možnost vytvořit nástroj pro sledování trasy daného nákladu NCHLAP v reálném čase, včetně té skutečnosti, že zasahující jednotky budou mít předem informace o možných interakcích a případných dominových efektech, které mohou vzniknout vzájemnou blízkostí nebo kolizí přepravních jednotek přepravujících NCHLAP.

S pomocí vybrané metodiky tak lze vytvořit funkční systém, který bude zahrnovat jak opatření preventivní, tak také opatření havarijní.

8 Použitá literatura a jiné prameny

1. AIChE technical manual Dow's chemical Exposure Index, American Institute of Chemical Engineers. 1994. Viz přílohy
2. Výroční zpráva společnosti Čepro, a.s. za rok 2001
3. Danihelka, P., Vojkovská, K.: Metodika pro analýzu dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí (H&V index), Vysoká škola báňská – Technická Univerzita Ostrava, 2002.
4. Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky: Statistická ročenka 2006 Česká republika
5. World map: Catastrophes and big events in transportation, Münchener Ecoconsult GmbH, 2002
6. Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major accident hazards involving dangerous substance (SEVESO II).
7. Method (1988): Methods for Determining and Processing Probabilities, 1. Edition (the "Red Book", CPR 12 E). Directorate-General of labour of the Ministry of Social Affairs and Employment, P.O.B. 69, 2270 MA Voorburg, Netherlands, ISSN 0166-8935/2.10.121/8804.
8. International atomic energy agency (Vienna 1996): Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries. ISSN 1011-4289. Viz přílohy.
9. Manual: Fire & Explosion Index, Hazard classification Guide, 7th Edition, January 1994. Viz přílohy.
10. Purple Book CPE 18E. Committee for the Prevention of Disasters: Buidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E), Hague, 1999.
11. RMP EPA Guidance: Environmental Protection and Emergency Response, Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (1999): RMP Series Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis. 550-B-99-009. Viz přílohy
12. Babinec, F. (2000). Bezpečnostní inženýrství. Skripta, VUT, Brno.

13. Tůma, J.: Katastrofy techniky děsící 20. století. Academia, Praha 2000, ISBN 80-200-0387-8.
14. Vyhláška č. 103/2006 o stanovení zásad pro vymezení zóny havarijního plánování a o rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu. Sbírka zákonů ČR, částka 36
15. Zákon č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích, ve znění pozdějších předpisů. Sbírka zákonů ČR, částka 54.
16. Zákon č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií). Sbírka zákonů ČR, částka 25.
17. Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. Sbírka mezinárodních smluv č.33/2005, částka 16.
18. Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí. Sbírka mezinárodních smluv 34/2005, částka 17.
19. UNEP, Division on Technology, Industry and Economic: Trans Apell – Guidance for dangerous goods transport emergency planning in a local community, Technical report No. 35
20. Zákon č. 240/2000 Sb., zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů. Sbírka zákonů ČR, částka 73.
21. Zákon č. 100/2001 Sb., zákon o posuzování vlivu na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů. Sbírka zákonů ČR, částka 40.
22. Bernatík Aleš, Disertační práce: Metodika hodnocení environmentálních rizik průmyslu, Ostrava 1998
23. Zapletalová I., Kolář Ladislav, Sborník přednášek, Požární ochrana '96, Ostrava VŠB-TU 28. - 29.srpna 1996
24. Municher rück MunichRe Group, Casualty Risk Consulting Information for Insurers 15, Hazard Zones 2003

25. ALOHA 5.4.1. Areal Locations of Hazardous Atmospheres. U.S. Environmental Protection Agency. February 2007.

26. Zákon č. 123 /1998 o právu na informace o životním prostředí ve znění zákona č. 132 / 2000 Sb. a zákona č. 6 / 2005 Sb. Sbírka zákonů ČR, částka 3.

Internetové stránky:

27. <http://cep.mdcrcz/dok2/DokPub/dok.asp>

28. <http://www.unepie.org/pc/apell/disasters/lists/cstransport.html>

29. <http://aramis.jrc.it/index.html>

30. <http://www.dekonta.com/main.php?lang=cz&id=19&sub=6>

31. <http://www.czechspace.cz/cs/galileo/program-galileo>

32. <http://zpravy.atlas.cz/svet/126803-pozar-po-havarii-vlaku-na-ukrajine-byl-uhasen.aspx>

33. http://www.katastrofy.com/scripts/index.php?id_nad=8479

9 Přílohy

Přílohami jsou metody:

- RMP EPA Guidance: Environmental Protection and Emergency Response, Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (1999): RMP Series Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis. 550-B-99-009.
- International atomic energy agency (Vienna 1996): Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries. ISSN 1011-4289.
- Manual: Fire & Explosion Index, Hazard classification Guide, 7th Edition, January 1994.
- AIChE technical manual Dow's chemical Exposure Index, American Institute of Chemical Engineers. 1994.

Metody jsou uvedeny, vzhledem k jejich rozsahu, pouze v elektronické podobě na přiloženém CD.

10 Curriculum vitae autora

Jméno: Tomáš

Příjmení: Tragan

Narozena: 23.3.1976

Adresa: P.Bezruč 1520, 272 01 Kladno

Národnost: česká

Vzdělání: VŠB-TU Ostrava, fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, obor

ochrana životního prostředí v průmyslu, postgraduální studium (2000 – dosud)

VŠB-TU Ostrava, hornicko-geologická fakulta, Environmentální inženýrství (1994 – 2000)

Gymnázium Frenštát pod Radhoštěm

Zaměstnání: RENOMIA, a.s. – ředitel risk managementu – 2004 - dosud

ON Semiconductor Czech Republic – vedoucí oddělení ochrany životního prostředí, požární ochrany a bezpečnosti práce 2003 - 2004

Senior expert Laboratoře výzkumu a managementu rizik Fakulta bezpečnostního inženýrství VŠB TUO 2001 - 2003

Odbornost: Analýza a management průmyslových rizik

Manažerské systémy prevence závažných havárií

Přeprava NCHLAP

Odhad škod a pojištění průmyslových rizik

Publikace: Tragan T., Dirner V., Danihelka P.: Posuzování a management rizik průmyslových havárií v podmínkách České republiky – Acta Mechanica Slovaca Košice, ISBN 1335- 2393 (květen 2002)

P. Danihelka, T. Koval, P.Tichý, T. Tragan: Implementation of the Seveso II Directive in the Czech Republic and Effects on Land-Use Planning in Northern Moravia, Seveso II Directive Conference: "Major Industrial Hazards in Land-Use Planning", Lille (France) 12.-14.2.2002, Annex II, str. 1-6

Danihelka, Tragan, Tichý Integrované posouzení technologických rizik a

ochrany životního prostředí na příkladu změny paliva v teplárně, TD 2000 -
Diagon 2001

Horák J., Volná Z., Tragan T., Krpec K: Hodnocení kvality spalování uhlí a
dřevěných pelet v kotli Ling 25 – Sborník konference Spalování a životní
prostředí, Ostrava 2001, s. 134 – 138, ISBN 80-7078-906-9

Tragan T.: Role pojištění při řízení rizik v organizaci – konference
Současnost a budoucnost krizového řízení (listopad 2007)